
GENEVA BOTANICAL GARDEN
Septemb 1897
R W Gibson Inv

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

GENÈVE. — IMPRIMERIE DE JULES-GUILLAUME FICK.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

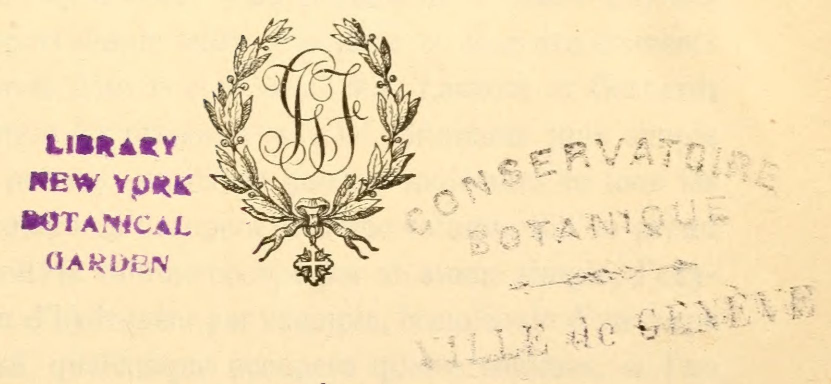
ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME VINGT-DEUXIÈME



GENÈVE

BUREAU DE LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

4, rue de l'Hôtel-de-Ville

LAUSANNE
DELAFONTAINE & ROUGE

NEUCHATEL
DELACHAUX & SANDOZ

1865

SUR LA DENSITÉ ANOMALE

DE LA VAPEUR DU SEL AMMONIAC

PAR

M. KARL THAN.

CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES A L'OCCASION DE CE MÉMOIRE.[1]

Parmi les questions de chimie théorique qui ont soulevé dans ces dernières années de fréquentes discussions, l'une des plus intéressantes est celle qui est relative au volume qu'occupent à l'état de gaz les molécules des corps composés.

Longtemps on n'a connu d'autre loi sur ce sujet que celle de Gay-Lussac, d'après laquelle il existe toujours un rapport simple entre ce volume et celui des éléments qui entrent dans le composé. MM. Laurent et Gerhardt énoncèrent les premiers une loi infiniment plus simple et plus précise, en disant que les molécules de tous les corps composés occupent le même volume. Si l'on prend pour unité le volume occupé par un atome simple, d'oxygène ou d'hydrogène par exemple, la molécule d'un corps composé quelconque occupera quatre volumes, si l'on fait usage des anciennes formules qui sont encore usitées dans la plupart des traités élémentaires de chimie, ou deux volumes si l'on adopte le système de formules que proposait alors Gerhardt et qui est suivi maintenant par un grand nombre de chimistes.

[1] Cet article était déjà sous presse, lorsque M. H. Deville a publié un nouveau travail sur ce sujet (*C. rend. de l'Ac. des Sc.* 26 déc. 1864); nous en rendrons compte prochainement. (*Réd.*)

A l'époque où ces savants exposèrent cette théorie, elle a pu paraître bien hasardée, car elle semblait bien loin d'être vérifiée pour un très-grand nombre de composés. Mais elle a fait peu-à-peu son chemin, et les nombreux travaux qu'elle a suscités, soit de la part de MM. Laurent et Gerhardt, soit de la part de leurs successeurs, ont fait disparaître la plus grande partie des exceptions qui semblaient alors trop nombreuses pour permettre l'adoption de ce principe, en même temps qu'ils ont apporté d'importantes modifications dans les théories relatives à la constitution d'un grand nombre de composés chimiques.

Il y a cependant un certain nombre de corps, bien petit, il est vrai, en comparaison du nombre immense de ceux qui obéissent à cette loi, qui y échappent absolument, et parmi eux des corps tels que le chlorhydrate d'ammoniaque et plusieurs autres sels ammoniacaux, l'acide sulfurique hydraté, le perchlorure de phosphore, etc., dont la constitution chimique ne peut être mise en doute. M. H. Kopp a le premier fait remarquer que tous les composés, qui offrent cette anomalie, présentent un caractère commun, savoir que le volume occupé par leur vapeur est précisément égal à la somme des volumes des éléments qui les composent, en sorte que l'anomalie serait explicable pour tous si l'on suppose que ces corps sont décomposés à la température assez élevée à laquelle on détermine la densité de leur vapeur. Cette hypothèse, admise avec empressement par les chimistes partisans des idées de Laurent et Gerhardt, a trouvé un appui important dans les belles expériences de M. H. Deville sur la décomposition par la chaleur de l'eau et d'autres corps considérés comme des plus stables, et sur ce genre par-

ticulier de décomposition pour lequel il a créé le terme de dissociation, dans lequel les éléments d'un composé se séparent sous l'influence d'une température élevée, mais rentrent en combinaison aussitôt que la température s'abaisse au-dessous d'une certaine limite.

Le rétablissement, par suite du refroidissement, du composé dissocié par une forte chaleur, rend très-difficile la preuve expérimentale de ces décompositions. Cependant MM. Pebal, Wanklyn et Robinson paraissent avoir bien établi, en utilisant les phénomènes de diffusion, la réalité de la décomposition du sel ammoniac, du perchlorure de phosphore et de l'acide sulfurique hydraté, aux températures nécessaires pour volatiliser ces corps.

Bien que M. H. Deville ait fourni, par ses expériences sur la décomposition de l'eau, un argument précieux à la nouvelle théorie, il ne l'a point cependant adoptée. Il a même cherché à démontrer par l'expérience que le sel ammoniac n'est point décomposé aux températures auxquelles on détermine sa densité de vapeur. Il se fonde principalement sur l'observation des deux faits suivants.

Ayant fait arriver deux courants, l'un de gaz ammoniac, l'autre d'acide chlorhydrique, dans un ballon maintenu dans un bain de vapeur de mercure à une température constante de 350°, il a vu un thermomètre, placé au point où se rencontraient les deux gaz, monter à 394°,5. Un tel dégagement de chaleur ne pouvant provenir que de la combinaison des deux gaz, il en conclut qu'ils peuvent réellement se combiner à 350°, et que, par conséquent, le sel ammoniac ne peut être décomposé, ni à cette température, ni même à celle de 394°; or c'est à la température de 350°, que sa densité de vapeur a été déterminée.

De plus MM. Deville et Trost ont constaté que, à la température rouge à laquelle le gaz ammoniac est en grande partie décomposé en ses deux éléments, l'azote et l'hydrogène, le sel ammoniac n'éprouve point cette décomposition, ce qui prouve suivant eux que ce sel existe réellement à l'état de vapeur à cette température et n'est point décomposé en un mélange d'acide chlorhydrique et de gaz ammoniac.

Quelque ingénieuses que soient ces expériences, et quelque confiance que puisse inspirer l'habileté bien connue de leur auteur, les conclusions qu'il en a tirées ne sont pas à l'abri de toute objection et le mémoire que vient de publier M. Karl Than[1] semble démontrer, en effet, que ces conclusions ne sont pas fondées.

Ce chimiste, en effet, a repris la première expérience de M. Deville dans des conditions un peu différentes. On pouvait objecter, en effet, au mode opératoire adopté par le savant français que les deux gaz, amenés à l'état de courant continu dans le ballon chauffé à 350°, s'y rencontraient avant que d'avoir atteint la température de l'enceinte, et que la combinaison qu'ils contractent dans ces conditions ne prouvait pas qu'elle se serait encore effectuée s'ils avaient été préalablement portés à cette température. L'acide chlorhydrique, enfermé dans un tube de verre à minces parois, a été introduit dans un tube plus large contenant le gaz ammoniac; le tout était placé sur une espèce de cuve à mercure de manière à pouvoir déterminer la pression et le volume des gaz. L'appareil tout entier a été chauffé à une température constante d'environ 350°. La température étant devenue stationnaire, un choc brusque a déterminé la rupture du tube intérieur et le mélange subit des deux gaz. Le ni-

[1] *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. CXXX, p. 126.

veau du mercure n'a éprouvé par là aucun changement, ce qui prouve qu'il n'y a dans ce cas aucun dégagement de chaleur. Or, si dans l'expérience de M. Deville, les deux gaz se rencontrant à une température inférieure à 350° ont donné lieu à un dégagement de chaleur susceptible de porter le thermomètre à 394°,5, à plus forte raison aurait-on observé une élévation très-notable de température par le mélange de ces gaz préalablement chauffés à 350°, s'ils avaient pu, à cette température, contracter une combinaison. Il paraît donc bien établi par ces expériences que l'acide chlorhydrique et l'ammoniaque susceptibles de se combiner au-dessous de 350° avec dégagement de chaleur, ne peuvent plus le faire à ce degré de chaleur, et que le sel ammoniac ne peut plus exister à cette température.

D'un autre côté, M. Than ayant fait passer comparativement, dans trois tubes chauffés au même degré, du gaz ammoniac pur et sec, et ce même gaz mélangé soit avec de la vapeur d'eau, soit avec de la vapeur de mercure, a constaté que la présence de ces vapeurs, qui cependant ne peuvent être considérées comme combinées avec le gaz ammoniac, réduit dans une énorme proportion (à $^1/_{40}$ pour la vapeur d'eau, et $^1/_{20}$ pour celle de mercure) la quantité du gaz ammoniac décomposé. Ainsi le mélange du gaz ammoniac avec un gaz inerte augmente considérablement sa stabilité. Par conséquent, la résistance qu'oppose le sel ammoniac à la décomposition par la chaleur ne prouve nullement l'existence d'une combinaison chimique entre l'ammoniaque et l'acide chlorhydrique à une chaleur rouge.

L'auteur conclut donc de ses recherches que les expériences de M. Deville n'établissent pas, comme l'avait

cru ce savant, l'absence de décomposition du sel ammoniac à une température élevée, et que les expériences de diffusion de MM. Pebal, Wanklyn et Robinson conservent toute leur valeur et démontrent la réalité de cette décomposition.

Les faits intéressants que nous venons de résumer suggèrent quelques réflexions générales.

On comprend difficilement au premier abord que la combinaison de l'ammoniaque et du gaz acide chlorhydrique, pris à une température inférieure à 350°, puisse donner lieu à un dégagement de chaleur susceptible de porter la température à 394°, c'est-à-dire à un degré bien supérieur à celui qui détermine la décomposition du chlorhydrate d'ammoniaque. Cependant on doit remarquer que ce n'est point là un fait nouveau, mais une exacte répétition, sur d'autres corps, du fait analogue si bien établi par les belles expériences de M. H. Deville relativement à la décomposition de l'eau par la chaleur. Ce savant a démontré, en effet, que l'eau est décomposée à la température de fusion du platine; or il obtient cette fusion au moyen du chalumeau à gaz, c'est-à-dire au moyen de la chaleur dégagée par la combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène. Il est probable qu'il y a là un phénomène général, et que, dans un grand nombre de cas au moins, si ce n'est toujours, la combinaison de deux corps peut donner naissance à une température supérieure à celle qui est nécessaire pour déterminer leur séparation lorsqu'ils sont combinés.

La contradiction apparente que semblent offrir ces deux résultats opposés peut être expliquée par le même raisonnement que celui qu'on emploie pour expliquer les deux faits, non moins contradictoires en apparence, de

la réduction de l'oxyde de fer par l'hydrogène et de la décomposition de l'eau par le fer métallique à la même température. Il suffit d'admettre qu'il se détermine un état d'équilibre, variable avec la température et avec les proportions des corps mis en présence, entre les forces qui tendent à déterminer la combinaison des éléments et celles qui tendent à en opérer la séparation.

Ainsi le phénomène de la décomposition de l'eau par la chaleur présenterait deux limites extrêmes de température, une limite inférieure à laquelle commencerait à se manifester l'influence de la chaleur par la séparation d'une très-faible partie des éléments de l'eau, et une limite supérieure à partir de laquelle, l'influence de cet agent annulant entièrement celle de l'affinité, la décomposition serait totale. Entre ces deux limites, à chaque température correspondrait un état d'équilibre déterminé, réglant les proportions relatives des deux éléments libres et de la vapeur d'eau.

D'ailleurs je dois reconnaître que cette explication n'est que le développement, sous une forme un peu différente, de celle qui a été donnée par M. H. Deville, lorsqu'il a assimilé la décomposition totale de l'eau par la chaleur à l'ébullition d'un liquide, et sa dissociation à des températures moins élevées à l'évaporation de ce liquide dans un courant gazeux.

Lorsque deux éléments, tels que l'oxygène et l'hydrogène, se combinent, la chaleur dégagée peut provenir de causes variées, par exemple d'une condensation subie par les éléments, d'une diminution dans la chaleur spécifique du produit de la combinaison, et surtout de la mise en liberté de tout ou partie du calorique que possèdent, à l'état latent, les corps simples à l'état de

liberté. Mais quelles que soient ces causes, il est clair que cette chaleur est précisément celle qu'il faudra restituer à ces éléments lorsqu'on voudra détruire la combinaison et les remettre en liberté. Ainsi, théoriquement, l'eau provenant de la combinaison complète d'une certaine quantité d'oxygène et d'hydrogène, devrait, si l'on pouvait supprimer toutes les causes de déperdition de chaleur, atteindre une température telle qu'elle posséderait alors tout le calorique dégagé par la combinaison, ou réciproquement tout celui qui serait nécessaire pour sa décomposition complète; c'est-à-dire qu'elle atteindrait cette limite supérieure à laquelle a lieu la décomposition totale. Il suffit d'énoncer cette conséquence pour comprendre que dans l'hypothèse où nous venons de nous placer, de l'absence de toute déperdition de chaleur, la combinaison entre les deux éléments ne serait pas complète, mais seulement partielle, et qu'elle porterait la masse totale à une température intermédiaire entre les deux limites extrêmes, et correspondant au partage qui se serait opéré entre les gaz libres et la vapeur d'eau. Il n'y a donc rien de surprenant à ce que cette température soit suffisante pour produire une décomposition partielle de l'eau. Il est vrai que l'on ne peut réaliser dans la pratique les conditions que je viens de supposer et que l'on pourrait craindre que les causes de déperdition de chaleur qu'on ne peut éviter n'entraînassent un abaissement de température au-dessous de la limite inférieure à laquelle la décomposition peut commencer. Mais cette objection ne me paraît pas fondée, parce que l'influence de ces pertes de chaleur aura pour effet de permettre une combinaison plus complète et le plus souvent totale des deux éléments

mis en présence, et par suite un dégagement de chaleur qui compensera presque entièrement ces pertes. [1]

Quoi qu'il en soit de la valeur de ces idées théoriques, la connaissance que nous avons actuellement des phénomènes calorifiques qui accompagnent les combinaisons et les décompositions chimiques modifie d'une manière très-importante la manière dont nous devons concevoir la combustion.

Jusqu'ici, en effet, en se fondant sur l'observation des phénomènes de combustion dont nous sommes journellement témoins, on a dû les considérer comme se passant toujours avec une extrême rapidité, quelle que fût l'énormité des masses qui devaient entrer en combinaison, car nous voyons une maison, une ville même entière brûler en moins de temps quelquefois qu'il n'en faudrait pour consumer dans un foyer une seule des pièces de bois qui entrent dans leur construction. Mais

[1] L'idée d'expliquer la densité de vapeur du sel ammoniac par la dissociation de ce corps a soulevé une objection, que je dois d'autant moins passer sous silence qu'elle se fonde précisément sur la théorie que je viens d'exposer. On a remarqué que, à la température de 350°, inférieure à celle qui peut résulter de la combinaison de ses éléments, sa décomposition ne devrait pas être complète et, par conséquent, la densité déterminée à cette température devrait être intermédiaire entre la densité théorique du sel ammoniac et celle de ses éléments simplement mélangés. Cette objection ne serait fondée que s'il était établi que le sel ammoniac peut se volatiliser, fait qui paraît fort douteux. M. Than ayant essayé de répéter l'expérience que nous avons rapportée au commencement de cette notice, en ne portant les gaz qu'à une température voisine de 340°, a vu se former un dépôt de sel ammoniac sur les parois des tubes dès que le mélange des gaz a été opéré. Il est donc bien permis de supposer qu'à 350° il se décompose sans s'être préalablement volatilisé. Il serait intéressant de répéter ces expériences sous de plus fortes pressions. C. M.

nous savons maintenant qu'une condition est nécessaire pour que le phénomène puisse s'accomplir avec une telle rapidité ; il faut que l'excès de chaleur dont il détermine le dégagement puisse se dissiper avec une égale promptitude en se communiquant soit à l'atmosphère, soit aux corps environnants. Si une masse d'oxygène et d'hydrogène pouvait être enfermée dans une enceinte dépourvue de toute faculté absorbante, sa combustion s'arrêterait aussitôt que la température aurait atteint une certaine limite, prête à recommencer ensuite et à s'accomplir avec autant de lenteur qu'on le voudrait, si l'on avait le moyen de soutirer à volonté la chaleur de cette masse.

Ne se trouverait-on pas à peu près dans ces conditions, si l'on supposait une masse énorme composée de corps susceptibles de se combiner, et entièrement isolée dans l'espace de manière à ne pouvoir perdre aucune chaleur par conductibilité, mais seulement par la voie lente du rayonnement? Si le soleil, par exemple, doit son état d'incandescence à la combinaison chimique des éléments qui le composent, il me semble infiniment probable que cette combinaison a dû se manifester au premier moment par une conflagration presque instantanée, mais partielle de ces éléments, à laquelle a dû succéder une période infiniment longue de combinaison lente, ne s'effectuant qu'en proportion de la perte de calorique produite par le rayonnement, et maintenant une température stationnaire pendant toute cette période. Je laisse aux savants qui se sont spécialement occupés de l'étude de la constitution de cet astre, à dire si nous pouvons nous considérer comme étant encore dans cette période ou si nous avons atteint celle qui doit lui succéder, celle du refroidissement.

C. Marignac.

SUR UNE
NOUVELLE PHASE DE LA THÉORIE CELLULAIRE
ET SUR
LE ROLE QUE JOUE LE PROTOPLASMA

PAR

M. J.-B. SCHNETZLER.

Les travaux de Schleiden (1838) et de Schwann (1839), sur la nature et la formation de la cellule comme élément morphologique chez la plante et chez l'animal, comptent sans contredit parmi ceux qui ont eu la plus grande influence sur la physiologie, l'anatomie et même la pathologie modernes. Et cependant, si, après tous les beaux travaux qui ont suivi ceux qui ont ouvert la carrière, nous nous demandons : Qu'est-ce que cette cellule, qui est le commencement de toute vie, qui, en se métamorphosant de mille manières, relie non-seulement entre elles toutes les espèces végétales, mais encore établit un pont conduisant au règne animal et à travers toutes ses phalanges jusqu'à l'homme? Nous éprouvons une certaine difficulté en cherchant une réponse catégorique à cette question.

Dans la dernière édition de son ouvrage fondamental[1], Schleiden définit la cellule végétale comme suit : « Organe élémentaire qui, à l'état parfaitement dévelop-

[1] Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. 1861.

pé, se compose d'une enveloppe formée de cellulose et doublée à l'intérieur d'une matière azotée à demi-liquide (halbflüssig). Cette matière semi-fluide, qui revêt intérieurement l'enveloppe non azotée de la cellule, est l'utricule primordiale (Primordialschlauch) que Hugo v. Mohl distingua en 1844 (*Botanische Zeitung*). D'après lui, cette utricule azotée fait partie de chaque cellule capable de vie (lebenskræftig), et elle existe avant l'enveloppe composée de cellulose. Déjà en 1839 Hugo v. Mohl avait observé cette utricule primordiale (*Linnæa*). Le noyau de la cellule fut d'abord mis en évidence dans un grand nombre de cellules par R. Brown sous le nom de *nucleus of cell*[1]. Ce noyau est formé lui-même de granulations bien délimitées et isolées, appelées nucléoles. Dans la formation de la cellule, le nucléole devait précéder le nucléus comme celui-ci précède l'enveloppe de la cellule. Cependant bien des observateurs ont nié cette importance du cytoblaste (nucléus) et du nucléole. Reichert, entre autres, montre que le nucléole n'apparaît dans le noyau qu'après la formation de ce dernier[2].

Vogt et Bergmann ont fait voir que des cellules naissent par segmentation du vitellus ou d'autres cellules et qu'il peut y avoir préexistence de la cellule par rapport au cytoblaste ou naissance simultanée de la cellule et du noyau[3]. Quel que soit, du reste, le rôle qu'on attribue au cytoblaste, la plupart des physiologistes et anatomistes regardent comme parties essentielles de toute cellule vivante une enveloppe solide et un contenu liquide. La

[1] Observations on the organs &c. London 1833.

[2] Das Entwicklungsleben im Wirbelthierreich. 1840.

[3] *Journal de l'Académie*. Naissance de la substance organisée par Ch. Robin.

jeune cellule végétale est d'abord uniformément remplie d'une matière semi-fluide, à laquelle Hugo v. Mohl a donné le nom de *Protoplasma*. Plus tard il se forme dans ce protoplasma des cavités remplies d'un suc aqueux; par la confluence de ces cavités, le protoplasma se condense en une couche qui tapisse intérieurement la paroi cellulaire et qui traverse l'intérieur de la cellule sous forme de filaments. Dans un travail publié en 1861 [1], M. Schultze tâche de démontrer le rôle important que joue soit dans la formation de la cellule, soit dans celle des tissus animaux, le contenu liquide de la cellule animale correspondant au protoplasma de Hugo v. Mohl. Quoique l'auteur attribue le principal rôle au protoplasma de la cellule, il ne nie point la nécessité d'une membrane enveloppante dès qu'il s'agit de la formation de tissus. Cependant, d'après lui, la cellule comme telle, la cellule qui n'a pas encore sacrifié sa vie individuelle peut se passer de cette membrne distincte; les tremelles parmi les végétaux et les protozoaires parmi les animaux nous présentent des exemples de corps organisés composés entièrement de protoplasma. L'apparition de la membrane enveloppante marquerait donc une phase dans la vie de la cellule où celle-ci aurait atteint son point culminant d'existence et de travail individuels. Cependant il nous semble impossible d'admettre que l'apparition de la membrane enveloppante distincte du protoplasma soit le signe d'une marche rétrograde. Nous y voyons plutôt le commencement d'une phase plus parfaite où la matière pour ainsi dire amorphe se coordonne sous une forme qui correspond à un type donné. L'énoncé des idées de

[1] Archiv für Anatomie und Physiologie, herausgegeben von Reichert et DuBois-Reymond.

M. Schultze a naturellement amené une polémique sur les parties constituantes essentielles de la cellule. Cette polémique est résumée et continuée dans un travail publié par M. Schultze sous le titre de : *Das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen*, 1863. Nous reviendrons sur les principaux faits énoncés dans cet important travail.

Schultze et avec lui Brücke[1] nient une membrane qui diffère chimiquement du protoplasme à la surface des cellules de segmentation (Furchungszellen), des cellules des Hydres, des Amœba et des Myxomycètes. Reichert s'oppose formellement à cette opinion[2]. Cependant cette opposition perd un peu de sa force lorsqu'on considère que Schultze admet l'existence d'une couche corticale (Rindenschicht) qui se forme à la surface du protoplasma[3] de la cellule (*Ueber Muskelkörperchen*, p. 15) ; seulement cette couche enveloppante ne diffère pas chimiquement du protoplasma.

Les travaux de Pringsheim sur la cellule végétale[4], auxquels Schultze fait appel, nous semblent un terrain

[1] Sitzungsbericht der Akademie der Wissenschaften zu Wien. Bd. 44, p. 381. 1861.

[2] Die neuen Reformen der Zellenlehre. Archiv für Anatomie, etc. 1863, p. 86.

[3] Cette distinction n'est point une subtilité inventée dans l'intérêt de la cause comme on pourrait facilement le croire. Elle est exigée par les faits. Elle a déjà été faite par M. Hugo v. Mohl à une époque bien antérieure à ce débat. Ce botaniste donnait, au lieu du nom de *membrane*, celui de *pellicule* aux couches corticales qui ne sont point nettement délimitées du côté interne, mais passent graduellement à la substance voisine. Ce nom n'était peut-être pas très-bien choisi. (*Réd.*)

[4] Untersuchungen über den Bau und die Bildung der Pflanzenzelle. Berlin 1854.

neutre où les adversaires pourraient se rencontrer. Pringsheim distingue dans la cellule un contenu liquide (*Intercellularflüssigkeit* de Brücke), entouré et traversé par le protoplasma qui renferme des granulations et le nucléus. Il distingue dans le protoplasma une couche hyaline extérieure et une couche intérieure renfermant des granulations. La couche extérieure (Hautschicht) subit une condensation successive et devient peu à peu une membrane qui diffère chimiquement du protoplasma ; c'est-à-dire qu'il se forme à la surface du protoplasma une membrane composée de cellulose. La couche extérieure, avant la formation de la couche de cellulose, correspond à l'utricule primordiale de Hugo v. Mohl. Cette couche hyaline s'observe dans les cellules animales surtout pendant le développement de l'embryon ; elle recouvre chez les amoeba une couche de protoplasma riche en granulations; elle s'observe dans les globules sanguins incolores, dans les corpuscules de la salive, dans les cellules du cartilage. Il serait intéressant d'observer la formation de la cellulose dans le manteau des Tuniciers[1], et d'établir le rapport qu'elle présente avec les métamorphoses que subissent les cellules.

Un auteur anglais[2] complétement en dehors de la théorie cellulaire émet des idées qui coïncident assez bien avec celles de Schultze.

« Je crois que les corpuscules incolores et les nucléus

[1] Voir sur ce sujet : Hermann Schacht, dans Müller's *Archiv*, 1851, p. 176. — Huxley, dans le *Quart. Journ. of micr. Science*, Oct. 1852, p. 22. — R. Leuckart, *Zoolog. Untersuchungen*, II, 1854, p. 11-14. — Schlossberger, *Thierchemie*, I, 1856, p. 251.

[2] Prof. Beale, on blood corpuscules. Intellectual Observer, february 1864, p. 63.

incolores des globules du sang se composent de matière vivante (*in a living state*), parce qu'il existe des raisons pour conclure que les globules colorés sans noyau ont cessé de manifester des propriétés vitales. »

Beale appelle *cell-wall* l'enveloppe qui se forme autour des globules rouges ; cette sorte de barrière résulte pour lui d'un changement survenu dans la matière vivante des corpuscules incolores. Le nucléus des globules rouges représente pour lui une phase de la métamorphose des globules incolores en vieux globules colorés (*old red blood corpuscules*) dans lesquels la matière a perdu ses propriétés vitales.

Je regrette de ne pas avoir sous la main le travail original du professeur Beale dans lequel il appuie probablement sur des preuves plus solides les assertions ci-dessus mentionnées ; mais il me semble qu'elles renferment l'idée fondamentale de Schultze [1].

[1] Le travail de M. Beale, contenu dans le *Quarterly Journal of microscopical Science*, auquel M. Schnetzler fait ici allusion, ne renferme qu'une bien faible partie des recherches par lesquelles M. Beale a tenté de révolutionner l'histiologie. Les plus importantes ont paru sous le titre de *Lectures on the structure and growth of the tissues of the human body* dans les *Archives of Medicine* de 1862 et ont été réunies en un volume publié par M. Engelmann : *Die Structur der einfachen Gewebe des menschlichen Kœrpers, etc., von Lionel Beale, übersetzt und mit Zusætzen des Verfassers herausgegeben von V. Carus. Leipzig 1862.*

Les travaux de M. Beale renferment, en effet, l'idée fondamentale de M. Schultze. L'auteur dénie à la membrane de la cellule toute importance ou plutôt il en ignore presque l'existence. Il distingue dans tous les tissus un élément actif auquel il donne le nom de substance germinative (*germinal matter*) et un élément passif qu'il désigne sous celui de substance formée (*formed matter*). Le second élément est toujours le résultat d'une

Et certes on ne peut pas nier que le travail le plus exubérant se passe dans le protoplasma qui, d'après l'expression de l'auteur anglais, n'est pas encore entouré de son *cell-wall*. Plus tard la cellule coordonne son activité au travail de l'ensemble, elle change d'aspect et de composition ; elle s'entoure d'une enveloppe de plus en plus solide, et en entrant comme pierre dans l'édifice commun, elle se métamorphose souvent de telle manière que sa forme primitive devient méconnaissable. Cependant on aurait tort en voulant prétendre que la cellule entourée d'une membrane (de protoplasma épaissi ou même de cellulose), n'est plus le siége d'un travail chimique et physique nécessaire à la vie. Personne ne niera l'enveloppe formée de cellulose dans des parties de plantes qui montrent tous les caractères d'une vie très-active. La membrane nous paraît au contraire néces-

métamorphose du premier devenu inactif. Il résulte des travaux de l'auteur que la substance germinative comprend le protoplasma et le nucléus, tandis que la substance formée correspond à la membrane des cellules et à la substance intercellulaire. — Quelque ingénieuse que soit l'exposition de M. Beale, il est certain qu'elle a l'inconvénient de prétendre à une révolution par trop fondamentale de l'histiologie. L'auteur a le grand tort de confondre le nucléus avec le protoplasma, et, en méconnaissant l'importance morphologique du nucléus, il a été conduit à méconnaître aussi l'existence de cet élément histiologique incontestable : *la cellule*, sur la nature duquel on peut bien discuter, mais dont l'existence même ne saurait être mise en question. — Cette lacune immense dans les travaux de M. Beale explique suffisamment pourquoi les conclusions de l'auteur ne sauraient être admises par la plus grande partie de ceux qui souscrivent à la plupart de ses prémisses. M. Schultze restera aux yeux de chacun le véritable rénovateur de l'histiologie, parce qu'il a su révolutionner sans sortir de la théorie cellulaire (*Réd.*).

saire, non pour marquer un commencement de décrépitude de la cellule, mais pour limiter son travail exubérant, individuel, et pour la faire rentrer comme partie constituante d'une forme typique dans laquelle toutes les forces doivent s'équilibrer.

II.

Nous avons vu que Schultze ne regarde pas comme partie nécessaire de la cellule vivante une membrane enveloppante chimiquement distincte du protoplasma. Il appuie son opinion sur l'absence d'une telle membrane dans les prolongements filiformes des Rhizopodes; ces prolongements, connus sous le nom de pseudopodes, se composent, d'après Schultze, de protoplasma sans membrane enveloppante distincte ; mais il va plus loin, il tend à établir d'autres analogies entre le protoplasma de ces pseudopodes et celui des cellules végétales. La matière qui compose les pseudopodes exécute un mouvement qui est rendu sensible par le déplacement des granulations qu'elle renferme. La confluence de deux filaments en contact, l'incorporation dans leur substance de petites granulations de carmin et d'indigo qu'ils rencontrent parlent bien en faveur de l'absence d'une membrane limitante distincte de la matière fluante. Ce mouvement des granulations dans les pseudopodes d'*Actinophrys Eichhornii* a été observé pour la première fois par Claparède [1]. Dans la substance de ces pseudopodes on distingue une couche corticale riche en granulations et une couche hyaline centrale; c'est la première, plus fluide, qui se fond souvent avec la couche corticale d'un pseu-

[1] *Bericht über die Verhandlungen der Akademie der Wiss. in Berlin*, p. 674, 1855.

dopode avec lequel elle se trouve en contact. On a désigné jusqu'à présent, sous le nom de sarcode la substance organique qui compose en grande partie les organismes inférieurs dont nous parlons ; mais dès que nous admettons qu'une certaine portion de protoplasma, avec son nucléus, puisse jouer le rôle d'une cellule, sans posséder une enveloppe distincte, le nom de sarcode doit disparaître et toute une division du règne animal rentre sous la loi générale qui préside à la vie de la cellule. Lorsqu'on poursuit l'axe hyalin des pseudopodes d'*Actinophrys Eichhornii* jusqu'à la substance centrale, opaque du corps (Marksubstanz), on voit dans la couche extérieure de cette substance médullaire des corpuscules semblables à des cellules, de forme sphérique, à enveloppe mince, à contenu albumineux coagulable et avec des nucléoles homogènes au nombre de 2 à 8 ; ces corpuscules n'ont point de communication avec les pseudopodes ; l'axe hyalin de ces derniers se prolonge jusqu'aux parois de petits alvéoles qui se trouvent à la surface de la substance médullaire opaque du corps ; la couche corticale granuleuse des pseudopodes est la continuation de la couche corticale du corps.

Lorsqu'on examine sous le microscope les poils des étamines de Tradescantia, ceux des pétales de Viola, des feuilles de Cucurbita et d'Urtica, des racines d'Hydrocharis et des feuilles de *Vallisneria spiralis*, etc., on aperçoit un mouvement très-distinct dans un liquide qui diffère du contenu aqueux de la cellule. Ce liquide se meut le long des parois en formant de véritables courants, faciles à constater, grâce aux granulations d'amidon et de chlorophylle qu'il renferme. Déjà en 1772, Bonaventura Corti avait découvert le mouvement du contenu des cel-

lules de Chara et de *Caulinia fragilis* (Schleiden, *Grundzüge*).

En examinant attentivement, à l'aide d'un fort grossissement, le tissu cellulaire d'une plante quelconque, on trouve dans la plupart des cellules vivantes un ensemble de petits courants qui partent du nucleus ; ces courants sont formés par le protoplasma de la cellule, renfermant de petites granulations opaques, à contour très-net; ils longent la paroi de la cellule, en traversent souvent l'intérieur, formant des anastomoses et restant parfaitement isolés du contenu aqueux de la cellule; ces courants du protoplasma retournent finalement à leur point de départ, c'est-à-dire au nucléus ; cependant le mouvement ne part pas toujours nécessairement de ce point.

C'est dans cette même catégorie de mouvements qu'il faut ranger les phénomènes qu'on observe dans les différentes espèces de Clostérium. Aux deux extrémités rétrécies de ces algues microscopiques, on voit un alvéole renfermant de petites granulations opaques qui présentent un mouvement de fourmillement continuel ; à partir de ces alvéoles, de petits courants de protoplasma longent toute la cellule, s'étendant sous forme de filaments entre la paroi cellulaire et le contenu central vert qui renferme des granulations de chlorophylle et des vésicules cellulaires. Dans le *Closterium moniliferum* Ehrb., que j'ai eu occasion d'observer, j'ai vu des granulations sortant des alvéoles suivre le mouvement oscillatoire des filaments de protoplasma qui s'étendent d'une alvéole à l'autre. Lorsqu'on regarde ce mouvement pendant quelque temps, les alvéoles contenant les granulations et les filaments de protoplasma prennent une couleur rouge et apparaissent alors d'une manière très-distincte ; cette co-

loration rouge est due à un phénomène optique; l'impression produite sur la rétine par la couleur verte de l'intérieur du Closterium provoque la couleur complémentaire rose dont semblent teints les alvéoles et les courants qui en partent.

C'est ce mouvement du protoplasma dans l'intérieur des cellules végétales que Schultze compare au mouvement des pseudopodes des Polythalames et des Radiolaires, en partant du point de vue que le protoplasma végétal correspond à la matière qui compose ces pseudopodes[1]; et certes les deux phénomènes ne manquent pas d'analogie. Cette analogie n'existe pas seulement dans une vague ressemblance des filaments ramifiés du protoplasma végétal et de la matière semi-fluide des pseudopodes: on y observe des granulations qui se meuvent de la même manière; on observe également la confluence des filaments qui se trouvent en contact. Mais les réactions chimiques et l'action des courants électriques sur les deux mouvements soutiennent encore la comparaison. L'eau distillée produit la diffusion des filaments de protoplasma avec formation de vacuoles parfaitement comme dans les pseudopodes.

Des acides dilués arrêtent dans les deux cas le mouvement des granulations en produisant la coagulation des filaments, à la suite de laquelle ils gardent encore long-

[1] Celui des auteurs récents qui a étudié avec le plus de soin le jeu des pseudopodes chez les Rhizopodes, M. Hæckel, se prononce entièrement dans le même sens que M. Schultze sur l'identité du sarcode des Rhizopodes et du protoplasma, des poils staminaux des Tradescantia, par exemple. L'ouvrage de ce savant (*Die Radiolarien, eine Monographie, von Ernst Hæckel.* Berlin, 1862) est un de ceux qui méritent le plus d'être étudiés au point de vue de la question qui fait l'objet de ce mémoire.

temps leur forme. Dans une solution étendue de potasse, les filaments deviennent plus transparents, le mouvement cesse et le filament se décompose.

Le courant d'induction produit dans les pseudopodes et dans le protoplasma végétal la cessation du courant granulaire, dès que le courant électrique atteint une certaine intensité, tandis que des courants faibles n'ont pas d'action sensible.

Brücke a fait des observations intéressantes sur l'action des courants électriques, sur le protoplasma des poils urticants de l'ortie[1].

Lorsqu'on fait passer pendant peu de temps un courant d'une certaine intensité à travers un poil d'ortie, on voit des filaments qui s'élancent quelquefois comme des fusées à partir du protoplasma et qui s'avancent vers l'axe du poil. Schultze a fait des observations semblables sans voir l'apparition instantanée des filaments, tandis qu'il a vu des filaments de protoplasma se renfler en forme de chapelet sous l'influence d'un courant électrique un peu intense. Un fait parfaitement semblable se passe sous les mêmes conditions dans les pseudopodes des Rhizopodes[2].

[1] *Das Verhalten der sogenannten Protoplasmastrœme gegen die Schlæge des Magnetelectromotors. Sitzungsber. der Akad. zu Wien*, Bd. 46, p. 1, 1862.

[2] Les décharges de courants d'induction déterminent, selon M. Kühne, une contraction des Amœba en boule. Cette contraction est même si énergique que, lorsque ces animaux ont mangé des Diatomées un peu longues, celles-ci sont projetées vivement au dehors. Cette purgation énergique n'a du reste pas d'effet nuisible sur l'Amœba qui recommence à ramper quelques instants après (Kühne : *Untersuchungen über das Protoplasma und die Contractilitæt*. Leipzig, 1864). — (*Réd.*)

L'influence de la température nous fournit un nouveau terme de comparaison. Le premier effet que produit une augmentation de température au-dessus de la température ordinaire est une accélération du courant granulaire. D'après les observations de Schultze, la vitesse des granulations dans les poils d'ortie était, à la température ordinaire, de 0,004 à 0,005 millimètres par seconde; à 35° cette vitesse était de 0,009 millimètres. Les cellules des poils de *Tradescantia virginica* donnent un résultat semblable; chez la *Vallisneria spiralis* la vitesse s'élève à 0,015^{mm}. La vitesse des granulations dans les pseudopodes est égale au maximum de vitesse observé dans le protoplasma végétal; l'augmentation de température jusqu'à 35° n'a pas d'influence sensible sur la première.

La température qui agit d'une manière absolument mortelle sur le protoplasma de *Tradescantia virginica*, d'*Urtica urens* et de *Vallisneria spiralis* commence à 47°-48°. Le mouvement se ralentit déjà de 38°-40°; mais si la température ne dépasse pas 43°, le mouvement revient avec toute son énergie lorsqu'on abaisse la température. Schultze conclut de ses observations que la chaleur est un excitant puissant des mouvements du protoplasma, et que le protosplasma végétal perd ses propriétés vitales dès 45°.

Lorsqu'on chauffe rapidement jusqu'à 40° des poils d'ortie, on observe dans le protosplama des filaments en forme de chapelet semblables à ceux observés par Brücke sous l'influence du courant électrique.

La vie animale se maintient difficilement dans l'eau au delà de 45°. La rigidité calorifique (Wärmestarre de Kühne) de la fibre musculaire des animaux vertébrés se manifeste de 40°-50°.

Si nous regardons comme cause du mouvement des granulations des pseudopodes la *contractilité* de la substance qui les contient, nous arrivons naturellement à la conclusion que le protoplasma doit également jouir de cette même propriété. Dans une notice sur une observation faite le 28 juillet 1851, relative à l'action de la lumière sur les feuilles du *Robinia pseudacacia*[1], j'avais terminé mon travail en disant : « Il semble donc résulter des faits qui précèdent que les mouvements particuliers des feuilles, des pétales, des étamines, etc., sont dus à une contractilité inhérente au tissu végétal, excitée par la lumière solaire ou par des actions chimiques ou mécaniques. »

Dans un travail sur la limite supérieure de la température qui permet la végétation [2], M. Julius Sachs élève un peu la limite de la température la plus élevée que peut supporter le protoplasma. Comparées à celles de Schultze, ses expériences montrent que la température qui occasionne la mort peut être plus élevée dans l'air que dans l'eau ; dans les poils de Tradescantia tout mouvement cesse à 47°-48°, tandis qu'à cette même température dans l'air, Sachs a constaté encore du mouvement après 15 minutes. Il résulte également de ses recherches que le protoplasma se comporte comme la plante entière et que sa mort, sous l'influence d'une température trop élevée ou trop basse, est probablement due à un changement dans le groupement moléculaire du protoplasma.

Quelle que soit l'opinion qu'on puisse avoir sur les idées de Schultze quant à la composition de la cellule, il

[1] *Archives*, fév. 1852, p. 167.
[2] *Archives*, juillet 1864, p. 212.

faut avouer que le nouveau jour qu'elles jettent sur le rôle important que joue le protoplasma dans les corps vivants doit être regardé comme un progrès dans l'étude de la cellule. Que celle-ci possède une enveloppe extérieure chimiquement différente du protoplasma ou qu'elle ne possède pas une telle membrane, personne ne pourra nier dès à présent que le protosplama est la partie vivante de la cellule, et que les mêmes causes qui augmentent ou qui diminuent son activité, augmentent et diminuent le travail total de l'organisme ; les mêmes causes qui tuent le protoplasma, tuent l'organisme tout entier [1].

[1] Parmi les ouvrages que M. Schnetzler n'a pas eus à sa disposition, le volume récemment publié par M. Kühne et déjà cité dans une note de la page 26 mérite particulièrement d'être mentionné. L'auteur fait connaître en effet des observations et des expériences nouvelles sur tous les points touchés dans ce mémoire, et ses conclusions sont favorables à M. Schultze. On trouvera en particulier dans cet ouvrage des expériences sur la coagulabilité des différentes substances albuminoïdes, sur l'action de la chaleur (tétanos thermique, rigueur thermique), de la congélation, des courants électriques, des alcaloïdes, de l'acide carbonique, etc., sur le protoplasma des Rhizopodes, des Myxomycètes, des Tradescantia et même sur le protoplasma de certaines cellules de vertébrés, dont la mobilité n'était pas soupçonnée avant lui. L'auteur croit en effet avoir démontré dans le protoplasma des cellulles de la cornée une contractilité comparable à celle des globules incolores du sang. Cette contractilité se manifeste surtout sous l'influence de certains agents d'irritation. (*Réd.*)

MATÉRIAUX

POUR SERVIR A L'HISTOIRE DES MÉTAUX

DE LA CÉRITE ET DE LA GADOLINITE

PAR

M. MARC DELAFONTAINE[1].

II

MÉMOIRE SUR LA TERBINE ET SUR L'YTTRIA.

Les terres qui restent après l'extraction de l'erbine exposée dans le mémoire précédent, retiennent encore une petite quantité de cette dernière dont il s'agit de les débarrasser autant que possible. On y arrive assez bien par une nouvelle série de précipitations partielles, suivies de dissolutions méthodiques dans un acide affaibli et enfin de l'emploi du sulfate de potasse. Cette méthode n'est pas rigoureuse, parce que le sulfate erbico-potassique est légèrement soluble dans une liqueur contenant du sulfate de potasse ; cependant la proportion d'erbine qui demeure ainsi dans le mélange peut être rendue inférieure à un demi-centième (trois ou quatre millièmes). J'ai été curieux de substituer aux précipitations par le bi-oxalate de potasse le procédé proposé dernièrement

[1] Voyez *Archives*, t. XXI, p. 97.

par MM. Deville et Damour pour le dosage relatif du lanthane et du didyme contenus dans la parisite[1]. En suivant de tous points les prescriptions de ces habiles chimistes, on obtient, d'une part, l'erbine avec un peu de ses congénères, sous forme de nitrate basique insoluble, tandis que la majeure partie de l'yttria et de la terbine reste en dissolution. Après avoir lavé le sous-nitrate jusqu'à ce qu'il commence à traverser le filtre, il faut le calciner, le transformer en oxalate double, puis traiter ensuite celui-ci par de l'eau aiguisée d'un cinquantième d'acide sulfurique qui dissout les deux autres bases en laissant l'erbine dans un état suffisant de pureté. Les résultats obtenus ainsi sont plutôt moins exacts que ceux auxquels conduit l'ancienne méthode, mais il y a, en revanche, une grande économie de temps.

L'yttria purifiée de l'une ou de l'autre de ces manières, et redissoute dans un acide, donne avec le bi-oxalate de potasse des précipités inégalement solubles dans l'acide sulfurique étendu; ceux qui se dissolvent le mieux contiennent l'yttria et les autres la terbine. Séparées ainsi grossièrement, puis redissoutes chacune à part et soumises encore à des précipitations partielles, etc., ces deux terres peuvent, à la longue, être obtenues assez exemptes l'une de l'autre pour que l'on puisse étudier leurs caractères distinctifs.

La terbine hydratée forme un précipité gélatineux blanc qui reste tel pendant la dessiccation, mais devient jaune après avoir été fortement calciné. A l'état anhydre, et suivant le procédé qui a servi à la préparer, cette terre offre les mêmes différences de couleur que l'erbine,

[1] *Comptes rendus. Académie des sciences*, t. LIX, p. 270.

mais, toutefois, avec des nuances moins foncées. Cette coloration doit lui appartenir en propre ; la présence d'une trace d'erbine dont il est à peu près impossible de la débarrasser ne suffit pas pour en rendre compte.

Calcinée pendant quelque temps au blanc ou bien chauffée au rouge naissant dans un courant d'hydrogène pur et sec, la terbine devient, tout comme l'erbine, d'un blanc de lait; la quantité d'eau produite dans le dernier cas est à peine appréciable. Ses sels sont habituellement doués d'une teinte rose-améthyste qui persiste presque toujours après la dissolution et se retrouve à un degré affaibli dans les sels solides d'erbine et moindre encore dans ceux d'yttria.

Le nitrate terbique étendu est rose ; il devient de plus en plus foncé en se concentrant, mais sans cependant tirer sur le violet comme celui de didyme. Chauffé lentement avec précaution, il perd toute son eau, fond en un verre qui conserve sa couleur et, enfin, se décompose, vers 500°, en laissant un sel basique dont une température plus élevée chasse tout l'acide.

S'ils ne sont pas en dissolution trop étendue, les sels de terbine montrent au spectroscope au moins deux raies d'absorption douées d'une égale intensité : l'une se voit dans le jaune près de D et l'autre dans la région verte ; elles coïncident avec deux bandes du didyme ; mais, à concentration égale, leur largeur est moindre (voyez la note suivante, p. 36, ainsi que la fig. 2, pl. I).

Même après avoir été exposée à une forte chaleur, la terbine se combine facilement avec les acides, en formant des composés dont la saveur est sucrée et astringente; c'est une base plus énergique que l'oxyde de didyme ; elle chasse l'ammoniaque de ses sels déjà à froid, mais surtout à chaud.

Il n'est, à ma connaissance, aucun moyen qui permette de constater jusqu'à quel point une terbine est débarrassée d'yttria ; mais si l'on fait concentrer, très-lentement, à une douce chaleur, une dissolution de sulfate terbique yttrifère aiguisée d'acide sulfurique, les cristaux qui se déposent successivement ont un poids atomique de plus en plus faible, jusqu'à ce qu'enfin ils ne consistent plus qu'en sulfate d'yttria à peu près pur. Partant de ce fait, j'ai décrit ci-dessus et considéré comme terbine type celle dont le sulfate donne, par une cristallisation fractionnée en trois parties, des produits dont la composition est identique.

De nouveaux essais m'ont montré que le poids atomique de la terbine doit être abaissé au-dessous de 571 que j'avais déduit de mes précédentes analyses ; il est pourtant encore supérieur à celui de l'yttria.

La terbine se rapproche, par sa couleur, de l'oxyde céroso-cérique pur ; mais elle s'en distingue par sa facile solubilité dans les acides même étendus, ses réactions au chalumeau, la couleur de ses sels, son poids atomique et enfin par son spectre d'absorption.

Les sels terbiques se rapprochent de ceux de didyme par leur coloration et leurs raies obscures ; ils s'en distinguent par la couleur et l'équivalent de leur base et par l'absence de sept raies et bandes caractéristiques du didyme.

La terbine peut facilement être confondue avec l'erbine ; leurs spectres différencient d'une manière très-nette ces deux terres.

En résumé, je crois pouvoir regarder l'existence propre de la terbine comme suffisamment établie ; sa composition déduite de l'isomorphisme de son sulfate avec

celui de didyme sera représentée alors par *TrO*, le terbium devant avoir pour symbole *Tr* et non pas *Te* (à cause du tellure), comme quelques traités le disent par erreur.

Dans l'opinion de Mosander, la terbine devait être blanche, mais il paraît l'avoir toujours obtenue jaune ; le caractère distinctif de cette terre résidait, à ses yeux, dans la propriété de s'effleurir à $+50^o$ C. qu'aurait possédée son sulfate. Je n'ai pas reconnu l'exactitude de ce fait ; le sulfate terbique ne m'a pas paru plus efflorescent que celui d'yttria : peut-être n'avons-nous pas eu entre les mains des sels à un même degré d'hydratation ; cela me paraît d'autant plus probable que j'ai obtenu une fois des cristaux indistincts tombant en farine dans le papier joseph et dont la composition correspondait à la formule TrO,SO^3+3aq. Comme on l'a vu précédemment, M. Berlin considère la terbine comme un simple mélange d'erbine et d'yttria : les propriétés que j'ai décrites plus haut me semblent incompatibles avec cette manière de voir ; pour M. Bahr, la question de la non-existence de la terbine ne paraît pas complétement tranchée.

Yttria.

Dans l'ordre de l'énergie basique cette terre est la première du groupe. Faute de l'avoir assez purifiée, j'ai dit dans mon précédent travail qu'elle est jaune très-pâle : cette assertion était erronée : soit anhydre, soit hydratée[1], l'yttria est parfaitement blanche, comme les deux autres,

[1] C'est à tort que M. Popp regarde la couleur blanche de l'yttria comme accidentelle et l'attribue à un mélange de potasse ou de chaux.

elle se carbonate facilement, décompose les sels ammoniques, se combine avec tous les acides, avec dégagement de chaleur s'ils sont concentrés et donne des dissolutions sucrées. Ses sels sont dépourvus de la propriété de montrer un spectre d'absorption.

Sa couleur blanche ne peut la faire confondre qu'avec l'oxyde lanthanique : on distinguera au mieux ces deux bases par la forme cristalline et la composition centésimale de leur sulfate simple ; de plus le sulfate yttrico-potassique est soluble dans l'eau pure et mieux encore dans celle qui contient du sulfate de potasse, ce qui n'est pas le cas du sel de lanthane.

Dosage des terres de la gadolinite.

Dans l'analyse des sels doubles à base d'alcali fixe et d'yttria (ou erbine et terbine), le meilleur moyen pour doser la terre consiste à la précipiter par la potasse caustique en prenant, pour opérer, toutes les précautions recommandées dans la *Chimie analytique* de Rose. Si le sel est simple ou seulement combiné avec un sel ammonique, il est préférable d'opérer à froid en remplaçant la potasse par l'oxalate d'ammoniaque ; les liqueurs doivent être aussi neutres que possible à cause de la solubilité très appréciable des oxalates terreux dans les acides étendus. Le précipité, quoique ténu, se rassemble très-bien et se lave facilement ; il traverse volontiers le filtre, quand on a fait passer une ou deux fois de l'eau dessus, mais on obvie à cet inconvénient par l'addition d'une petite quantité de nitrate ou de chlorure ammonique. Il est nécessaire d'effectuer la calcination dans un creuset ouvert, parce que les oxalates de ce groupe laissent tous des carbures en se décomposant hors du contact

de l'oxygène, ce que l'on reconnaît à la couleur noire du résidu ; quand, au bout de quelques minutes, la terre est franchement blanche ou jaune, on remet le couvercle et l'on donne un bon coup de feu pour chasser les dernières portions d'acide carbonique. Pour des recherches très-précises, il faut éliminer le faible excès d'oxygène que retient la terre : un courant d'hydrogène amené de la manière habituelle dans le creuset par un tube traversant le couvercle, suffit pour cela. Les résultats obtenus par cette méthode sont d'une rigoureuse exactitude.

Après avoir établi avec certitude, me paraît-il, l'existence individuelle des trois terres de la gadolinite, et confirmé ainsi les beaux résultats de Mosander, il me reste à faire connaître plusieurs sels dont l'étude est bientôt achevée, et à déterminer d'une manière plus précise le poids atomique de l'erbium, de l'yttrium et du terbium : ce sera l'objet d'un prochain mémoire.

III

NOTE SUR LES SPECTRES D'ABSORPTION DU DIDYME, DE L'ERBIUM ET DU TERBIUM.

Le spectre d'absorption du didyme, décrit en premier lieu par M. Gladstone, est bien connu des chimistes, il n'en est pas de même ceux du terbium et de l'erbium. M. Bahr à qui on en doit la découverte, les a fait connaître à l'Académie des sciences de Stockholm, mais ils sont simplement indiqués dans les *Oefversigt af Kongl. Ventensk. Akad. Forhandlingar.*

J'ai pensé qu'il serait commode d'avoir réunies les descriptions détaillées de ces trois spectres dont la con-

naissance est si précieuse pour distinguer l'erbine, la terbine et l'oxyde de didyme.

Une dissolution *très-étendue* de nitrate didymique, examinée sous l'épaisseur de 7 ou 8 cent., montre trois raies noires, peu nettes, que je désigne dans la figure 3 par *a*, *b*, *c*. Ce spectre se confond avec celui du terbum ; on pourrait, d'après cela, révoquer en doute l'existence de ce dernier métal ; mais le nitrate terbique même fondu en un verre limpide, ne laisse apparaître aucune raie nouvelle, les autres sont seulement un peu élargies et beaucoup plus noires. Il n'en est pas ainsi avec le didyme : quand une partie de l'eau a été chassée par l'évaporation, les trois raies ci-dessus se transforment en bandes très-foncées, en même temps il en surgit quatre autres indiquées par les lettres *d*, *e*, *f*, *g* ; le tout constitue le spectre habituel du didyme ; cependant avec des liqueurs très-concentrées on peut observer en plus les lignes *h*, *i* et une ou deux autres difficiles à distinguer dans le violet. L'erbium donne ordinairement cinq raies et bandes et huit quand il est sous forme de dissolution sirupeuse. Er^a persiste même après la disparition de toutes les autres. (Fig. 1.)

Comme je viens de le dire, le terbium est caractérisé par trois bandes dont deux seulement sont très-nettes, la troisième Tr^c se distingue mal[1]. (Fig. 2.)

En déterminant les positions au moyen d'une échelle graduée de sorte que $Na=27$ $Li^a=10$ et Tl 43 j'ai trouvé que :

[1] Peut-être même ne lui appartient-elle pas.

Di^h =	9	Tr^a =	30-32	Er^f =	9
i	19	*b*	48-50	*d*	14
a	28-32	*c*	85-89	*g*	16
b	48-50			*h*	42
d	54-55			*e*	44
e	66-67			*a*	48-50
g	70			*b*	65
f	73-75			*c*	85-90
c	85-91				

Au delà, les positions sont incertaines, sauf peut-être *k*=107-110.

Comme on le voit, deux bandes sont communes aux trois éléments (Di^b, Tr^b, Er^a et Di^c, Tr^c, Er^c) et Er^f se confond avec Di^h.

IV

NOTE SUR LES CARBURES DES MÉTAUX YTTRO-CÉRIQUES.

Vient-on à décomposer par la chaleur, dans un creuset rempli et fermé, ou mieux, dans un tube traversé par un courant d'hydrogène pur et sec, le formiate ou l'oxalate de cérium, on obtient une poudre noire grisâtre qui s'allume et brûle au contact de l'air comme l'amadou, si on la projette encore chaude sur une feuille de papier ou tout autre corps mauvais conducteur du calorique. Cette poudre demeure inaltérable après le refroidissement et on peut alors la conserver, sans qu'elle change d'aspect dans un vase découvert ; mise en digestion dans de l'acide chlorhydrique étendu, elle dégage lentement de petites bulles gazeuses dépourvues d'odeur. Au bout de deux ou trois jours, la liqueur contient une certaine

quantité de chlorure céreux, tandis qu'il reste un abondant résidu noir, dense, à peine attaquable par les acides minéraux, même concentrés et chauds : ce produit est un carbure à proportions définies qui peut se représenter par la formule $Ce\ C^2$, malgré un excès de carbone qui varie de deux à quatre centièmes d'une préparation à l'autre.

Le carbure de cérium n'est pas un corps nouveau ; Göbel l'a obtenu autrefois au moyen du formiate, Mosander et tout récemment M. Popp l'ont préparé par l'oxalate : le second de ces chimistes en avait même fait une analyse exacte ; quant à Göbel et à M. Popp, ils l'ont décrit comme du cérium métallique.

Les formiates de lanthane et de didyme, les oxalates des mêmes bases et ceux d'yttria, d'erbine et de terbine donnent aussi naissance, par leur décomposition, à des carbures doués de la plus grande analogie avec celui du cérium les acides paraissent pourtant les attaquer un peu plus facilement. J'ai eu souvent l'occasion d'observer leur production dans le cours de mes recherches, quand je calcinais plusieurs grammes à la fois d'oxalate d'yttria, d'erbine et de terbine dans un creuset de platine étroit et profond : leur présence est incommode dans une terre destinée à être redissoute.

Les formiates prennent en se décomposant un mouvement tout à fait semblable à celui d'un liquide en ébullition et ils s'échappent par les moindres interstices, en brûlant comme des fusées[1] ; cet inconvénient rend bien

[1] Les traités de chimie citent ordinairement le formiate de plomb comme le moins soluble de tous ; cependant celui de cérium, et surtout ceux de lanthane et de didyme le laissent bien en arrière sons ce rapport.

préférable l'emploi des oxalates pour la préparation de ces carbures.

Dans un travail spécial je ferai connaîtres les diverses circonstances qui se rattachent au mode curieux de décomposition des formiates et des oxalates sur lesquels je viens d'attirer l'attention : mes expériences ne sont pas assez avancées pour me permettre de le représenter par une équation.

Genève, 20 décembre 1864.

SUR LES

RADIATIONS OBSCURES ET LUMINEUSES

PAR

M. JOHN TYNDALL[1].

---

1. Sir William Herschel a découvert les rayons obscurs du soleil et démontré que la position du maximum de chaleur est située au delà du rouge dans le spectre solaire[2]. Quarante ans plus tard, Sir John Herschel a réussi à obtenir une représentation graphique du spectre calorifique, et à prouver d'une manière frappante et visible son extension au delà du rouge[3]. Melloni a montré qu'une très-grande partie des radiations émises par une flamme d'huile ou d'alcool, ou par du platine incandescent chauffé par une flamme d'alcool, sont obscures[4]. Le Dr Akin, en se basant sur le petit nombre de rayons lumineux et visibles émis par une flamme d'hydrogène et le petit nombre des rayons extra-violets qu'elle contient, d'après les expériences du Dr Miller, a conclu

[1] Traduction d'un mémoire publié par le *Philosophical Magazine*, novembre 1864.

[2] *Phil. Trans.* 1800.

[3] *Phil. Trans.* 1840. J'espère qu'il me sera possible de m'occuper prochainement des résultats remarquables, décrits dans la note III du mémoire de Sir J. Herschell.

[4] *La Thermochrose*, p. 34.

que la radiation de la flamme d'hydrogène doit être surtout extra-rouge, et il a admis d'après cela que l'incandescence d'un fil de platine dans une flamme d'hydrogène, ainsi que l'état de la lumière Drummond dans la flamme d'hydro-oxygène, était produite par un changement dans la période des vibrations[1]. Je suis moi-même arrivé à la même conclusion, par un autre mode de raisonnement, comme je l'ai publié plus tard [2].

2. Il manquait cependant encore une démonstration expérimentale directe du caractère de la radiation émanant d'une flamme d'hydrogène, et c'est cette lacune que j'ai cherché à combler. J'ai fait construire par M. Becker un jeu complet de pièces en sel gemme pouvant se substituer au jeu ordinaire de pièces en verre d'une lampe électrique de Duboscq. Une double lentille de sel gemme placée dans la chambre de la lampe rendait les rayons parallèles. Ces rayons passaient ensuite à travers une fente, et une seconde lentille de sel gemme, placée en dehors de la chambre, produisait, à une distance convenable, une image de cette fente. Derrière cette lentille était placé un prisme de sel gemme, et l'on avait disposé latéralement une pile thermo-électrique destinée à examiner le spectre produit par le prisme. Dans l'intérieur de la chambre de la lampe électrique était placé un bec à simple ouverture, en sorte que la flamme qui en sortait occupait la position habituelle des pointes de charbon. Ce bec était relié avec une pièce en T, d'où partaient deux tuyaux de caoutchouc, dont l'un communiquait avec un grand réservoir d'hydrogène, et l'autre avec les tuyaux de gaz d'éclairage du laboratoire. Je pouvais ainsi, à vo-

[1] *Rapport de l'association britannique*, 1863.
[2] *Phil. Trans.*, vol. CLIV, p. 327.

lonté, produire une flamme de gaz d'éclairage, ou une flamme d'hydrogène. En employant la première, j'avais un spectre visible qui me permettait de placer la pile thermo-électrique dans une position convenable. Pour obtenir la flamme hydrogène, il suffisait de faire arriver l'hydrogène jusqu'à ce qu'il atteignît la flamme du gaz et qu'il s'enflammât, puis ensuite de fermer le robinet du gaz, et de laisser la flamme d'hydrogène seule. De cette façon on pouvait substituer l'une des flammes à l'autre sans ouvrir la porte de la chambre de la lampe et sans produire aucun changement dans la position de la source, des lentilles, du prisme ou de la pile.

3. La pile thermo-électrique que j'ai employée est un excellent instrument construit par Ruhmkorff et appartenant à mon ami M. Gassiot. Il consiste en un seul rang d'éléments soigneusement montés et attachés à un double écran de laiton. Il est muni en avant de deux lames argentées, qui au moyen d'une vis peuvent s'avancer à volonté devant la pile, de façon à rendre sa face aussi étroite qu'on le désire ; on peut la réduire à la largeur du cheveu le plus fin, ou même la fermer complétement.

Au moyen d'un petit manche et d'une longue vis, on peut mettre doucement en mouvement la plaque de laiton et la pile qui y est attachée, et transporter ainsi la fente verticale de la pile au travers du spectre entier, ou la placer en dehors de ses limites dans les deux sens. La largeur du spectre était toujours égale à la longueur de la face de la pile, et cette dernière était mise en communication avec un galvanomètre extrêmement délicat

4. J'ai commencé avec une flamme de gaz lumineuse. Le spectre étant projeté sur l'écran de laiton (qui, pour

rendre les couleurs plus visibles, était couvert d'une feuille d'étain), on mit graduellement la pile en mouvement dans la direction du bleu au rouge, jusqu'à ce que la déviation du galvanomètre devînt un maximum. Pour l'atteindre, il fallut passer entièrement à travers le spectre et arriver un peu au delà du rouge ; la déviation observée était alors de 30°.

En mettant la pile en mouvement dans une direction quelconque à partir de cette position, la déviation diminuait.

5. On a substitué ensuite la flamme d'hydrogène à celle du gaz d'éclairage ; le spectre visible disparut, et la déviation tomba à 12°. Par conséquent, pour ce qui concerne les rayons de cette réfrangibilité particulière, l'émission de la flamme de gaz lumineuse était deux fois et demie plus grande que celle de la flamme d'hydrogène.

6. En déplaçant ensuite la pile, quelle que fût la direction du mouvement, la déviation diminuait. Le maximum de déviation pour la flamme d'hydrogène était donc de 12° et la position de la pile, déterminée auparavant à l'aide de la flamme lumineuse, montrait que cette déviation était produite par les ondulations extra-rouges. Je déplaçai alors un peu la pile, de manière à réduire la déviation de 12° à 4°, puis afin de m'assurer de la réfrangibilité des rayons qui produisaient cette petite déviation, je rallumai le gaz d'éclairage : je trouvai ainsi que la surface rectiligne de la pile atteignait le rouge. En faisant passer successivement la pile par les positions correspondant aux diverses couleurs et aux rayons extra-violet, on ne put apercevoir aucune déviation appréciable avec la flamme d'hydrogène.

7. Je plaçai ensuite la pile à quelque distance du spectre invisible de la flamme d'hydrogène, et je cherchai le spectre en mettant la pile en mouvement. L'ayant trouvé, j'atteignis sans difficulté le point maximum de chaleur. Sans rien changer à l'appareil, je substituai la flamme lumineuse à celle qui ne l'était pas ; on reconnut ainsi que la position de la pile était au delà du rouge.

8. Il est ainsi démontré que la radiation de la flamme d'hydrogène est sensiblement extra-rouge. Les autres constituants de la radiation sont si faibles qu'ils sont thermiquement presque insensibles. Par conséquent, lorsqu'un corps est porté à l'incandescence par une flamme d'hydrogène, les périodes de vibrations de ses atomes doivent être plus courtes que celles auxquelles est due la radiation de la flamme elle-même.

9. La chute de déviation de 30° à 12° lorsqu'on substitue la flamme d'hydrogène à la flamme de gaz est due sans aucun doute à l'absence de toute matière solide dans le premier cas. Mais on peut, en introduisant une substance solide, rendre la radiation qui émane de la flamme d'hydrogène beaucoup plus grande que celle de la flamme de gaz d'éclairage. Une spirale de fil de platine plongée dans la flamme d'hydrogène donne un maximum de déviation de 52°, tandis que la déviation maximum de la flamme de gaz était seulement de 33°.

10. C'est principalement par convection que la flamme d'hydrogène disperse sa chaleur ; quoique sa température soit très-élevée, ses molécules très-écartées ne peuvent pas entrer en comparaison, comme énergie de radiation, avec le charbon solide de la flamme lumineuse. La même chose est vraie pour la flamme de la lampe de Bunsen ; au moment où l'air qui détruit les particules

de carbone solides se mélange avec la flamme de gaz, la radiation s'affaiblit considérablement. Réciproquement, il se produit un flux de chaleur rayonnante si l'on empêche l'arrivée de l'air qui dépouillait la flamme de gaz de son éclat. Par conséquent, lorsque nous introduisons un fil de platine dans la flamme d'hydrogène, ou des particules de charbon dans la flamme de Bunsen, non-seulement nous obtenons des ondes d'une période nouvelle, mais aussi nous convertissons une grande portion de la chaleur de convection en chaleur de radiation.

11. L'action était encore très-sensible quand la distance de la pile à partir de l'extrémité rouge du spectre était aussi grande que la distance des rayons violets aux rayons rouges ; ainsi le spectre calorifique était au moins aussi long que le spectre lumineux.

12. MM. Bunsen et Kirchhoff ont prouvé que, pour les vapeurs métalliques incandescentes, la période est indépendante de la température entre des limites étendues. Mes propres expériences sur les flammes d'hydrogène et d'oxyde de carbone prises comme sources calorifiques, et sur la vapeur aqueuse à basse température et l'acide carbonique employés comme milieu absorbant, conduisent à la même conclusion. Mais avec les métaux solides, une augmentation de température produit des ondulations de périodes plus courtes dans la radiation. On peut se demander ce que deviennent les longues périodes obscures quand on élève la température ? Sont-elles détruites ou changées en périodes plus courtes, ou se maintiennent-elles encore à côté de nouvelles vibrations ? La question mérite d'être résolue par l'expérience.

13. Une spirale de fil de platine convenablement sup-

portée a été disposée dans la chambre de la lampe électrique au point habituellement occupé par les pointes de charbon. Cette spirale était mise en communication avec une pile voltaïque, et en faisant varier la résistance du courant, on pouvait graduellement élever la spirale d'une température où elle était obscure à une forte chaleur blanche. Si on la portait en premier lieu au rouge blanc, en plaçant le jeu d'appareils de sel gemme sur le passage des rayons, on obtenait un brillant spectre; et l'on amenait la pile dans la région des rayons obscurs au delà du rouge du spectre. En changeant la force du courant, toutes les autres conditions restant les mêmes, la spirale devenait obscure, et la température s'abaissait jusqu'à faire tomber la déviation du galvanomètre à 1°. Notre question est la suivante : Que deviennent les ondulations qui produisent cette déviation, lorsqu'on produit des ondulations nouvelles en augmentant la température de la spirale?

14. En faisant passer la spirale de cet état d'obscurité à divers degrés d'incandescence, on a obtenu les déviations suivantes :

TABLEAU I.

Apparence de la spirale.	Déviation produite par les rayons obscurs.
Non-incandescent.	1°
Non-incandescent.	6
Rouge léger	10,4
Rouge sombre.	12,5
Rouge	18,0
Rouge franc.	27,0
Rouge vif.	44,4
Presque blanc	54,3
Blanc complet	60,0

15. La déviation de 60° obtenue ici équivaut à 122 des premiers degrés du galvanomètre. Par conséquent, l'intensité des rayons obscurs dans le cas de la chaleur rouge blanc est 122 fois celle des rayons de réfrangibilité égale émis par la spirale non-incandescente au commencement de l'expérience. Ou, comme l'intensité est proportionnelle au carré de l'amplitude, la *hauteur* des ondes de l'éther qui produisent la dernière déviation, était onze fois celle des ondes qui produisaient la première déviation. La longueur d'ondulation demeurait constamment la même.

16. Par conséquent, la réponse expérimentale à la question ci-dessus proposée, est que l'amplitude des anciennes ondulations est augmentée par l'élévation de température, qui en même temps donne naissance aux nouvelles ondulations. Dans le fait les rayons obscurs sont dans le même cas que les rayons lumineux (par exemple que les rayons rouges du spectre) qui brillent avec un éclat d'autant plus vif que la température de la source est plus élevée.

17. Dans mon dernier mémoire [1] j'ai montré la transparence étonnante que possède l'iode pour les ondulations extra-rouges. On obtient une solution parfaitement opaque de cette substance en la dissolvant dans du sulfate de carbone, et j'ai fait voir dans le mémoire cité qu'une quantité d'iode suffisante pour arrêter la lumière de nos plus brillantes flammes, transmet 99 pour 100 de la radiation d'une flamme d'hydrogène.

18. Cinquante expériences récentes sur la chaleur rayonnante d'une flamme d'hydrogène, donnent 100 pour

[1] *Phil. Trans.* pour 1864. — Nous avons donné un extrait de ce mémoire (Voyez *Archives*, 1864, t. XX, p. 152.)

100 pour la transmission de ses rayons à travers une quantité d'iode qui est parfaitement opaque à la lumière.

Ainsi, d'après ces expériences, l'iode dissout est *parfaitement transparent pour la radiation d'une flamme d'hydrogène.*

19. L'iode est aussi sensiblement transparent pour la radiation des corps solides chauffés au-dessous de l'incandescence.

20. Il est aussi sensiblement transparent pour les rayons obscurs émis par les corps lumineux.

21. Relativement à la radiation mélangée qui émane des corps solides à une très-haute température, le sulfure de carbone pur est aussi éminemment transparent. Par conséquent, comme le sulfure de carbone n'agit que légèrement sur les rayons obscurs émanant d'une source fortement lumineuse, et comme l'iode dissout ne semble pas du tout agir sur eux, nous avons dans la combinaison de ces deux substances un moyen de séparer presque complétement les rayons purement calorifiques des rayons lumineux.

22. Si les vibrations de longues périodes qui existent quand le corps rayonnant est à une basse température, se maintiennent, comme cela a été indiqué dans le paragraphe 14, à côté des nouvelles périodes introduites par l'augmentation de la température, il en résulte qu'un corps perméable à la radiation d'une source quelconque reste toujours perméable pour elle. Nous ne pouvons pas altérer assez le caractère de la radiation pour qu'un corps qui a été une fois dans une proportion quelconque transparent pour elle puisse devenir complétement opaque à son égard. Nous pouvons, en augmentant la température, diminuer la proportion de la radiation totale trans-

mise par le corps ; mais si l'amplitude des anciennes vibrations augmente en même temps que la température qui produit les nouvelles vibrations, la quantité totale de chaleur d'une réfrangibilité donnée quelconque transmise par le corps doit augmenter en même temps que la température.

23. On peut mettre cette conclusion en évidence par l'expérience suivante. On a rempli une cellule dont les faces parallèles sont formées de sel gemme poli, avec une solution d'iode, et on l'a placée au devant de la chambre de la lampe dans laquelle se trouvait la spirale de platine ; derrière la cellule de sel gemme, on a placé une pile thermo-électrique ordinaire, pour recevoir les rayons qui pouvaient traverser la solution. La lentille de sel gemme a été disposée devant dans la chambre, mais on n'a employé qu'une petite partie du faisceau du rayon parallèle émanant de la lampe. En commençant par une température très-basse, on a augmenté graduellement la température jusqu'à l'incandescence complète et l'on a obtenu les résultats suivants :

TABLEAU II.

Apparence de la spirale.	Déviation.
Non-incandescent	1°
Non-incandescent, mais encore plus chaud	3
Non-incandescent, mais encore plus chaud	5
Non-incandescent, mais encore plus chaud	10
Rouge faible	19
Rouge sombre	25
Rouge	35
Rouge franc	45
Rouge vif	53
Rouge très-vif	63
Presque blanc	69
Blanc	75
Blanc intense	80

24. La solution était tout à fait opaque pour les rayons lumineux de la spirale chauffée au blanc intense ; mais bien que l'introduction de ces rayons ait diminué le rapport de la quantité de rayons transmis à la radiation totale, la valeur absolue de la quantité transmise avait énormément augmenté. La valeur de la dernière déviation est 440 fois celle de la première : par conséquent, en élevant la spirale de platine de l'obscurité à la chaleur blanche, nous augmentons l'intensité des rayons obscurs qu'elle émet dans le rapport de 1 : 440.

25. On a placé une cellule de sel gemme remplie de sulfate de carbone transparent devant la chambre qui contient la spirale de platine élevée à une chaleur blanc-éclatant. Puis on a remplacé le liquide transparent par la solution d'iode. Les déviations observées respectivement dans les deux cas étaient :

Radiation du platine chauffé à blanc :

à travers le CS^2 transparent.	à travers la solution opaque.
73°,9	73°,0
73°,8	72°,9

Tous les rayons lumineux passaient à travers le sulfure de carbone transparent, aucun d'eux ne passait à travers la solution d'iode. Cependant nous voyons quelle petite différence produit leur disparition. La proportion actuelle des rayons lumineux aux rayons obscurs, peut être calculée comme suit :

26. *En divisant en vingt-quatre parties égales la radiation d'un fil de platine porté au blanc éclatant au moyen d'un courant électrique, une de ces parties est lumineuse et vingt-trois sont obscures.*

27. On a substitué une brillante flamme de gaz à la

spirale de platine; le sommet et la base de la flamme étaient cachés, et les parties les plus brillantes employées comme la source des rayons. Le résultat de quarante expériences avec cette source peut être exprimé de la manière suivante :

28. *En divisant en vingt-cinq parties égales la radiation de la partie la plus brillante de la flamme de gaz d'éclairage, une de ces parties est lumineuse et vingt-quatre sont obscures.*

29. J'ai examiné ensuite le rapport des rayons obscurs aux rayons lumineux dans la lumière électrique. On a employé une pile de cinquante éléments et on a disposé les lentilles de sel gemme pour rendre parallèles les rayons partant des pointes de charbon. Pour éviter que la déviation ne devînt trop grande, on faisait passer les rayons parallèles au travers d'une ouverture circulaire d'un dixième de pouce de diamètre, et on les dirigeait alternativement à travers le sulfure transparent et la solution opaque. Il n'est pas facile d'obtenir une régularité parfaite de la lumière électrique, mais trois expériences soigneusement exécutées ont donné les déviations suivantes :

Radiation de la lumière électrique

à travers le CS^2 transparent.	à travers la solution opaque.
Expérience n° 1.	
72°.0	70°.0
Expérience n° 2 :	
76°,5	75°.0
Expérience n° 3 :	
77°,5	76°.5

Calculant d'après ces chiffres la proportion de chaleur obscure et de chaleur lumineuse, on peut exprimer ainsi le résultat :

30. *En divisant en dix parties égales la radiation de la lumière électrique émise par des pointes de charbon avec une pile de Grove de quarante éléments, une de ces partie est lumineuse et neuf sont obscures.*

31. On peut présenter ces résultats en tableau de la manière suivante :

TABLEAU III. — *Radiation à travers l'iode dissout :*

Source.	Absorption.	Transmission.
Spirale obscure.........	0	100
Noir de fumée à 212° Fahr.	0	100
Spirale chauffée au rouge..	0	100
Flamme d'hydrogène.....	0	100
Flamme d'huile.........	3	97
Flamme de gaz..........	4	96
Spirale chauffée à blanc...	4,6	95,4
Lumière électrique	10	90

En multipliant les expériences, on arriverait peut-être à des résultats légèrement différents, mais ceux que nous venons de donner sont très-près de la vérité.

32. Ayant ainsi trouvé dans la solution d'iode un moyen de séparer presque parfaitement les rayons de chaleur lumineux des rayons obscurs pour une source quelconque, nous pouvons opérer à volonté sur ces derniers. En voici quelques exemples : On a disposé les lentilles de sel gemme dans la chambre de la lampe, de manière que les pointes de charbon elles-mêmes et leur image fussent à égale distance des lentilles. En employant une pile de quarante éléments, on voyait facilement dans l'air la trace du cône de rayons émanant de

la lampe, et l'on pouvait ainsi aisément déterminer leur point de convergence. On plaça alors la cellule contenant la solution opaque devant la lampe. Le cône lumineux fut ainsi intercepté : mais la température intolérable du foyer, lorsqu'on y mettait la main, montrait que les rayons calorifiques étaient encore transmis. Des lames minces d'étain et de zinc successivement placées au foyer obscur se fondaient rapidement, des allumettes y prenaient feu, du coton-poudre y faisait explosion, et du papier brun s'y enflammait. En employant la solution d'iode et une pile de soixante éléments de Grove, on a obtenu aisément les mêmes résultats en se servant des lentilles en verre ordinaire de la lampe électrique de Duboscq. Ils ne pourront manquer de satisfaire ceux qui répéteront ces expériences. Il est très-intéressant d'observer au milieu de l'air, dans un espace parfaitement obscur un morceau de papier noir instantanément percé par ces rayons invisibles, et l'anneau enflammé s'étendant de tous côtés à partir du centre d'ignition.

33. Le 15 de ce mois j'ai fait quelques expériences avec la lumière solaire. Le ciel n'était pas tout à fait pur et l'atmosphère de Londres n'était pas complétement débarrassée de fumée, en sorte qu'en tout cas je ne pouvais obtenir qu'une portion de l'action que j'aurais eue par un temps clair. J'avais par hasard à ma disposition une lentille creuse, que je remplis avec la solution concentrée d'iode. En la plaçant sur le chemin des rayons solaires, on apercevait un faible anneau rouge sur un écran de papier blanc tenu derrière la lentille ; l'anneau se réduisait à une légère tache rouge, lorsque l'écran était au foyer de sa lentille. On reconnut immédiatement que cet anneau était produit par la lumière qui traversait

la partie mince du bord de la lentille liquide. En collant une zone de papier noir autour du bord, on fit complétement disparaître l'anneau, et aucune trace de la lumière solaire ne traversait la lentille. Au foyer une lumière quelconque aurait été augmentée neuf cents fois, malgré cela aucune lumière n'était visible.

34. Mais il n'en était pas de même des rayons obscurs du soleil ; le foyer était brûlant. Un morceau de papier noir était immédiatement percé et allumé ; et en déplaçant le papier il s'y formait rapidement ouverture après ouverture. La poudre à canon y faisait aussi explosion. Dans le fait, on avait au foyer des rayons obscurs du soleil, une chaleur évidemment plus puissante que celle de la lampe électrique condensée de la même manière, et tous les effets obtenus avec cette dernière peuvent être obtenus d'une manière encore plus forte avec la chaleur du soleil.

35. J'ai disposé une lentille de verre plan convexe, plus grande que la lentille opaque dont nous venons de parler, sur le passage des rayons du soleil. Le foyer sur papier blanc était d'un éclat éblouissant, et dans ce foyer on obtenait les résultats déjà décrits. Je disposai alors une cellule contenant une solution d'alun au devant du foyer. L'intensité de la lumière au foyer n'était pas sensiblement changée ; cependant ces rayons presque intolérables à la vue, accompagnés comme ils l'étaient par une quantité considérable de rayons invisibles qui avaient aussi passé à travers l'alun, étaient incapables de produire des effets facilement obtenus dans le foyer obscur de la lentille opaque.

36. Pensant que cette réduction de puissance pouvait provenir de la perte de chaleur par réflexion sur les

faces de la cellule de verre, je mis à la place une cellule de sel gemme remplie de la solution opaque. Derrière cette cellule les rayons manifestaient le même pouvoir qu'ils possédaient dans le foyer de la lentille opaque.

37. On n'est pas encore parvenu à rendre les métaux incandescents au moyen de rayons obscurs. C'est une question dont le Dr Akin s'occupe depuis quelques années, et ce n'est pas mon intention de rien publier sur ce sujet jusqu'à ce que les expériences ingénieuses qu'il a imaginées aient été suffisamment essayées.

38. Les expériences de Melloni l'ont amené à conclure que le sel gemme transmet également les rayons lumineux et les rayons obscurs, et qu'une solution d'alun d'épaisseur moyenne intercepte entièrement les rayons invisibles, tandis qu'il permet le passage de tous les rayons lumineux. Dès lors la différence entre la transmission du sel gemme et celle de l'alun, devrait exprimer la radiation obscure. De cette manière Melloni a trouvé que 10 pour 100 seulement de la radiation d'une flamme d'huile consiste en rayons lumineux. La méthode ci-dessus employée prouve que le rapport de la chaleur lumineuse à la chaleur obscure dans le cas de la flamme d'huile n'est probablement pas plus d'un tiers de ce que Melloni l'évaluait

39. Dans le fait, ce savant distingué a bien vu la possibilité de l'inexactitude de cette conclusion, qu'aucun rayon non lumineux n'est transmis par l'alun ; et les expériences suivantes justifient les doutes qu'il avait à ce sujet.

On a placé la solution d'iode devant la lampe électrique, les rayons lumineux étaient par conséquent interceptés. Derrière la cellule de sel gemme contenant la

solution opaque, était placée une cellule de verre, d'abord vide. Les rayons obscurs qui passaient au travers des deux cellules, produisaient une déviation de 80°.

On a alors rempli la cellule de verre avec une solution concentrée d'alun: la déviation produite par les rayons obscurs passant à travers les deux solutions était de 50°.

D'après les valeurs de ces déviations, on trouve que, *sur les rayons obscurs sortant de la solution d'iode et des faces de la cellule de verre, 20 pour cent sont transmis par l'alun.*

40. Un point très-important à signaler ici, c'est la grande différence pratique qui peut exister entre les deux expressions « rayons obscurs » et « rayons émanant d'une source obscure. » Plusieurs écrivains semblent regarder ces expressions comme équivalentes, et sont ainsi conduits à des erreurs graves. — Une couche d'une solution d'alun de $^1/_{25}$ de pouce d'épaisseur est, d'après Melloni, complétement opaque à la radiation de tous les corps chauffés à une température inférieure à celle de l'incandescence. Dans les expériences précédentes, la couche de la solution d'alun traversée par les rayons obscurs de notre source lumineuse avait trente fois l'épaisseur de celle que Melloni considérait comme suffisante pour arrêter tous les rayons émanant des sources obscures.

41. Il ne peut y avoir aucun doute que les rayons invisibles qui sont capables de traverser une telle épaisseur du liquide le plus *athermane* que l'on connaisse jusqu'ici, sont aussi capables de traverser les humeurs de l'œil. Les intéressantes expériences de M. Janssen[1]

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, t. LX, page 71.

prouvent que les humeurs de l'œil absorbent une quantité de chaleur rayonnante exactement égale à celle qu'absorbe une couche d'eau de la même épaisseur, et dans notre solution le pouvoir de l'alun s'ajoute à celui de l'eau. Des expériences directes sur l'humeur vitrée d'un bœuf, m'ont conduit à conclure que la cinquième partie des rayons obscurs émis par une lumière électrique intense, atteint la rétine, et comme sur dix parties égales de la radiation d'une lampe électrique, neuf consistent en rayons obscurs, il s'ensuit que près des deux tiers de la radiation totale qui atteint la rétine, dans le cas de la lumière électrique, sont incapables d'exciter la vision. En prenant comme source une spirale de platine chauffée à blanc, la moyenne de quatre bonnes expériences a donné une transmission de 11, 7 pour cent des rayons de chaleur obscure émanant de la spirale au travers d'une couche d'eau distillée de $^1/_2$ pouce d'épaisseur. Une proportion plus grande encore atteint sans doute la rétine[1].

42. Après avoir rendu convergents, les rayons d'une lampe électrique au moyen d'une lentille de verre, j'ai placé la solution opaque d'iode devant mon œil ouvert, et j'ai amené l'œil au foyer des rayons obscurs ; la chaleur devenait immédiatement insupportable. Mais il me sembla que l'effet désagréable était surtout dû à l'action des rayons obscurs sur les paupières et les autres parties opaques qui entourent l'œil. En conséquence, j'ai coupé dans une carte une ouverture un peu plus grande que la pupille, et j'ai laissé entrer dans mon œil par cette ouverture les rayons calorifiques concentrés. La sensation

[1] M. Franz a montré qu'une portion des rayons obscurs du soleil atteint la rétine.

de la chaleur disparut entièrement. Non-seulement ces rayons reçus de cette manière sur la rétine étaient incapables d'exciter la vision, mais le nerf optique semblait incapable de les percevoir, même comme chaleur. Si j'avais permis au tiers lumineux du faisceau condensé d'entrer dans mon œil, quelles auraient été les conséquences? C'est ce que je ne puis dire, et je ne serais pas tenté d'en faire l'expérience.

43. Par une nuit assez claire, une flamme de bougie peut facilement se voir à la distance d'un mille. L'intensité de la lumière électrique que j'employais est 650 fois celle d'une bonne bougie artificielle, et comme la radiation non lumineuse des pointes de charbon qui atteignent la rétine est égale à deux fois la radiation lumineuse, il s'ensuit qu'à une distance approximative d'un pied, l'énergie des rayons invisibles de la lumière électrique qui atteignent le nerf optique, mais qui sont incapables de provoquer la vision, est 1300 fois celle de la lumière d'une bougie Mais l'intensité de la lumière de la bougie à la distance d'un mille, est moins de la vingt millionième partie de son intensité à la distance d'un pied; dès lors, la force qui rend la lumière visible à un mètre de distance devait être multipliée par 1300, × 20,000,000, soit par vingt-six mille millions, pour égaler l'intensité de cette radiation impuissante que l'œil reçoit d'une lumière électrique à un pied de distance. Il me semble que rien ne peut mieux rendre compte de la relation toute spéciale qui existe entre le nerf optique et les périodes de vibration des corps lumineux. Le nerf, comme une corde musicale, répond aux périodes avec lesquelles il est en accord, tandis qu'il ne peut être excité par d'autres vibrations d'une énergie beaucoup

plus grande, qui ne sont pas à l'unisson avec sa période propre.

44. J'ai déjà montré, au moyen d'une solution opaque d'iode, que la quantité de chaleur lumineuse émise par une spirale de platine au rouge vif est excessivement petite[1]. Voici quelques déterminations qui ont été faites depuis avec la même source de chaleur, et une solution d'iode dans l'iodure d'éthyle, la concentration et l'épaisseur de la solution étant telles qu'elles interceptaient entièrement les rayons lumineux.

Radiation d'une spirale chauffée au rouge

à travers le liquide transparent.	à travers la solution opaque.
43°.	43°, 7
43,7	43, 7

Ces expériences ont été faites avec un soin excessif, et toutes les conditions étaient favorables à la manifestation de la plus petite différence dans la somme de chaleur atteignant la pile; on a trouvé cependant que la quantité de chaleur transmise par la solution opaque et par le liquide transparent était la même. En d'autres termes, la radiation lumineuse interceptée par la solution opaque, quoique capable d'exciter vivement le sens de la vue, était absolument inappréciable, relativement à la force totale.

45. Et ici nous trouvons l'explication de diverses difficultés qui ont souvent embarrassé les expérimentateurs. Lorsque nous voyons une lumière vive incapable d'influencer nos appareils thermoscopiques les plus délicats, l'idée se présente naturellement que la lumière et

[1] *Phil. Trans.*, vol. CLIV.

la chaleur doivent être deux choses totalement différentes. La lumière pure sortant d'un système composé d'eau et de verre vert, même lorsqu'on la concentre, n'a, selon Melloni, aucun pouvoir calorifique sensible[1]. La lumière de la lune présente aussi un cas analogue. En la concentrant avec une lentille à échelon de plus d'un mètre de diamètre sur la face de sa pile, Melloni a eu besoin de toute son habileté pour rendre mesurable l'action calorifique. De telles expériences, cependant, ne démontrent pas que les deux agents soient différents, mais bien que le sens de la vision peut être excité par une quantité de force presque infiniment petite.

45. Nous pouvons encore présenter une remarque sur la possibilité d'appliquer la chaleur rayonnante aux signaux par les temps de brouillards. Théoriquement, si nos brouillards présentaient un caractère physique semblable à celui de l iode dissout dans le sulfate de carbone, ou de la vapeur d'iode ou de brôme, il serait possible de transmettre au travers d'eux des flux puissants de chaleur rayonnante, même lorsque la lumière des lampes de nos phares serait déjà complétement arrêtée. Mais nos brouillards n'ont pas ce caractère, ils sont malheureusement constitués de façon à détruire très-énergiquement les rayons purement calorifiques; et ce fait, joint à la sensibilité merveilleuse de l'œil, amène à conclure que longtemps avant que la lumière de nos signaux cesse d'être visible, leur chaleur rayonnante a perdu le pouvoir d'affecter d'une façon sensible le plus délicat appareil thermoscopique que nous puissions employer pour la découvrir.

[1] *Taylor*, *Scientific Memoirs*, vol. I, page 392.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

R.-C. CARRINGTON. OBSERVATIONS OF THE SPOTS ON THE SUN, etc. OBSERVATIONS DES TACHES DU SOLEIL, FAITES A REDHILL DE 1853 A 1861. 1 vol. grand in-4° de 250 pages et 166 planches; Londres, 1863.

J'ai eu déjà l'occasion de parler à plusieurs reprises, dans ce Recueil, des observations de taches du soleil poursuivies très-assiduement par M. Carrington, dans l'observatoire particulier qu'il s'était fait ériger à Redhill, près de Londres, et où j'ai eu, en juin 1857, l'avantage d'assister à l'une de ses observations. Le volume que je viens annoncer ici comprend l'ensemble des dites observations, faites dans un intervalle d'environ 7 ans $^1/_2$. Sa publication, et celle des très-nombreuses planches jointes au texte, ont été facilitées par un don provenant du fonds mis par le gouvernement anglais à la disposition de la Société royale de Londres, pour les objets scientifiques de son ressort.

Le but principal que se proposait M. Carrington dans ses observations, était la détermination de la vraie période de rotation du soleil sur lui-même, et celle des mouvements systématiques ou courants à sa surface, s'il en existe de tels. Il a adopté un mode d'observation convenable pour ce but. Son instrument était un équatorial construit par Simms, dont la lunette avait 4 $^1/_2$ pouces anglais d'ouverture et 52 pouces de longueur focale. Il y adaptait un oculaire grossissant seulement 25 fois, de manière à avoir un champ d'un diamètre environ quadruple de celui du soleil. Au foyer de la lunette étaient placées deux petites

lames d'or, à angle droit l'une de l'autre, inclinées de 45 degrés à l'équateur et au cercle horaire. L'image du disque solaire et le réticule de la lunette se projetaient, à travers l'oculaire, sur un écran en verre dépoli, coloré en jaune pâle, et placé à une distance telle que l'image sur l'écran avait environ un pied de diamètre. Une fois la lunette convenablement fixée, M. Carrington observait les instants du passage aux deux fils du réticule des deux bords du soleil et de chaque tache, et en concluait, à l'aide d'éléments déjà connus et de formules trigonométriques assez simples : d'abord l'angle de position de la tache sur le disque du soleil et sa distance au centre de cet astre, puis la longitude et la latitude héliocentriques de la tache. M. Carrington s'est attaché aussi à dessiner les taches et groupes de taches aussi exactement que possible. Il a eu successivement pour aides dans ses observations, et surtout dans leur réduction, MM. Simmonds, J. Criswick, Schrœder et Von Bose. Le premier et le dernier de ces Messieurs lui ont été très-utiles aussi pour la préparation des dessins et l'achèvement de la réduction numérique des observations.

Le volume actuel se compose d'abord d'une section d'introduction, principalement relative au mode d'observation et de réduction adopté par l'auteur ; elle est accompagnée de quelques tables, qui ont servi à faciliter les calculs. La seconde section renferme, par ordre de date, le catalogue détaillé des positions de noyaux observées ; elle comprend, en une centaine de pages, 5290 observations, relatives à 954 groupes de taches. La troisième section, qui est aussi de près de cent pages, a pour objet la discussion de ces observations, principalement en vue de la détermination du mouvement diurne et de la durée de la rotation du soleil sur lui-même.

La comparaison du mouvement diurne des taches situées près de l'équateur solaire, ou à une certaine latitude au-dessus ou au-dessous de cet équateur, a servi à M. Carrington à démontrer un fait entrevu déjà par MM. Laugier et Ch. Péters : c'est qu'à

mesure que cette latitude héliocentrique augmente, le mouvement diurne des taches en longitude diminue de vitesse. Ainsi, tandis qu'il est à l'équateur de 865′, soit de 14° 25′ par jour, il n'est plus, à 50° de latitude, que d'environ 787′, soit de 13° 7′. La formule empirique à laquelle l'auteur est parvenu, pour représenter le plus exactement possible, d'après l'ensemble de ses observations, la loi du mouvement diurne des taches en un jour solaire moyen, est, en représentant par l la latitude héliocentrique de la tache :

$$865' - 165' \sin. {}^{7}/_{4}\, l.$$

Le premier terme de cette formule donne pour l'équateur solaire une durée de rotation de 25 jours, à très-peu de chose près.

La quatrième section a pour objet les corrections à apporter, d'après l'ensemble des observations, aux éléments que M. Carrington avait adoptés provisoirement pour la position du plan de l'équateur solaire relativement au plan de l'écliptique. Il y parvient à des valeurs fort rapprochées de celles obtenues par M. Laugier en 1842, savoir 7°15 pour l'inclinaison de ces deux plans, et 75°40 pour la longitude du nœud de l'équateur solaire sur l'écliptique, au commencement de 1850.

Les trois dernières sections de l'ouvrage sont très-courtes. La cinquième est relative à la tendance qu'ont les taches à diverger. L'auteur en cite un certain nombre de cas, dans lesquels les taches se sont étendues et subdivisées, avec un mouvement giratoire dans la direction de la rotation autour du pôle de l'hémisphère sur lequel la tache est située, et il renvoie aux planches pour les détails. Il mentionne aussi divers cas où cette tendance n'a pas été observée.

La sixième section se rapporte à l'apparition réitérée de taches dans le même voisinage sur le disque du soleil, avec une telle variabilité de formes, qu'il est presque impossible de décider si ce sont des retours d'une même tache, ou si ce sont des taches différentes. L'auteur en cite un assez grand nombre d'exemples.

Enfin, dans la septième section, qui sert de conclusion à l'ouvrage, M. Carrington se réfère d'abord à un mémoire qu'il a publié précédemment, pour déduire des mouvements des taches normales l'évidence de l'existence et de l'étendue d'une atmosphère réfractive autour du soleil. Il renonce, pour le moment, à chercher une explication théorique du second terme de la formule rapportée plus haut, qui dépend de la latitude héliocentrique des taches. Le fait général que la rotation à l'équateur solaire est plus rapide qu'à une certaine distance au-dessus et au-dessous, lui paraît, cependant, fortement appuyer les vues exposées par le professeur W. Thomson dans son mémoire *Sur les énergies mécaniques du système solaire*, inséré dans le t. XXI des *Transactions de la Société royale d'Edimbourg*. M. Thomson, dans ce mémoire, dont j'ai fait mention dans le n° de mai 1860 de nos *Archives*, envisage une accélération prolongée dans le mouvement de rotation du soleil comme une conséquence probable de l'action d'un tourbillon de matière météorique, qui est aussi, selon lui, la source de la chaleur et de la lumière solaire. « Sans une action extérieure de ce genre, ajoute M. Carrington, on se serait attendu à ce que les courants à la surface du soleil ressembleraient à ceux de l'Océan et de l'atmosphère terrestre, c'est-à-dire, qu'ils seraient occidentaux et dirigés vers les pôles dans les latitudes tropicales, et orientaux dans les hautes latitudes, la direction de la rotation étant la même, et la région équatoriale étant aussi la plus chaude dans l'un et l'autre cas. »

Quoique M. Carrington ne se soit point proposé, d'une manière spéciale, l'étude des apparences des taches et de leur cause, il est intéressant de connaître l'opinion d'un observateur aussi soigneux et assidu de ces phénomènes, dont la nature est si controversée maintenant. On voit dans la section introductive de son ouvrage, qu'il regarde, avec Wilson et sir W. Herschel, les taches du soleil comme étant caverneuses, ou comme étant, relativement au niveau général de la surface lumineuse, des creux dont le noyau est le fond. Mais il reconnaît plus de variété dans

les apparences que n'en admettait Wilson ; il cite avec éloges les recherches sur ce sujet de MM. Péters, Dawes et Sestini ; il adopte la remarque faite par M. Schwabe que la profondeur de la cavité est beaucoup moindre dans certains cas que dans d'autres, et qu'elle est variable. Il ajoute que M. Laugier lui a écrit, qu'avec de forts grossissements et dans des circonstances atmosphériques favorables, le fond noir du noyau lui a souvent paru comme un assemblage de points obscurs, avec de petits interstices, et qu'il y reconnaissait une porosité ou résolvabilité évidente.

Il me reste à dire quelques mots sur les planches, qui constituent à elles seules la moitié du volume, et qui ont été lithographiées par M. Dangerfield, d'après les dessins de M. Carrington. Les deux premières sont relatives au mode d'observation et de calcul adopté par l'auteur. Il y en a ensuite 99, relatives à autant de rotations du soleil, observées du 9 novembre 1853 au 1er avril 1861. Chaque planche représente, selon leur aspect et leur position héliographique, les taches et groupes de taches observés pendant une de ces rotations, qui y sont placés sur un réseau de degrés de longitude et de latitude héliocentriques ; c'est un canevas général des taches qui ont paru sur le soleil pendant tout l'intervalle des observations, et où les cercles horaires passant par le centre du disque du soleil sont indiqués pour chaque jour.

Viennent ensuite trois planches, représentant la distribution, plus ou moins condensée, des taches solaires en latitude héliographique pendant le cours des observations. On y voit, au premier coup d'œil, le rapprochement des taches de l'équateur solaire et leur moindre nombre de 1854 à 1856 ; puis leur plus grand écartement de ce même équateur et l'accroissement graduel de leur nombre dans les années suivantes, surtout de 1858 à 1861, près d'un *maximum* de taches, dont M. le professeur Wolf, de Zurich, a fixé l'époque à 1860,2 dans le n° 14 de ses *Mittheilungen über die Sonnenflecken.*

Les planches nos 103 à 165 se rapportent aux groupes de taches observés plus d'une fois. M. Carrington y a représenté successivement dans la même feuille, les unes sous les autres, les figures de chaque groupe, aux diverses époques où lui, ou ses adjoints, les ont observées, l'observation faite le jour où le groupe passait au centre du disque occupant le carré du milieu.

Enfin la dernière planche, nº 166, représente la courbe des variations de la fréquence des taches de 1750 à 1860, telle qu'elle résulte des travaux de MM. Schwabe et Wolf; la courbe de la variation, dans le même intervalle de temps, des distances au soleil de la planète Jupiter, d'après M. Wolf; enfin, la courbe de la variation correspondante du prix du blé en Angleterre, d'après M. Stanton. L'examen comparatif de ces courbes montre que la troisième n'a point de rapports réels avec les deux autres. Quant aux deux premières, depuis 1770, il y a une assez grande coïncidence entre les *maxima* de fréquence de taches et les *maxima* du rayon vecteur de Jupiter, et il en est de même pour les *minima :* mais il y a, cependant, certains écarts. Dans les deux périodes précédentes il y a discordance complète. M Carrington se demande, dans la dernière section de son ouvrage, s'il ne serait pas possible que la masse de Jupiter affectât indirectement les variations de fréquence des taches, par son action intermédiaire sur l'anneau matériel qui constitue la lumière zodiacale, et il exprime le désir qu'on fasse dans un bon climat, sous une latitude favorable, telle que celle des Indes orientales, et à une hauteur suffisante au-dessus de la mer, des séries d'observations de cette lumière aussi bien que des taches du soleil. Il admet que, pour ces dernières observations, il convient de suivre, maintenant, les méthodes d'enregistrement et d'impression photographiques, telles qu'elles ont été perfectionnées par M. Delarue.

Une remarque de M. Balfour-Stewart, communiquée à la Société astronomique de Londres dans sa séance du 10 juin 1864, et insérée p. 198 du t. 24 des *Monthly Notices*, tendrait à con-

firmer l'idée de l'influence que les plus grandes planètes de notre système peuvent exercer sur les taches du soleil. En effet, M. Wolf a trouvé, à la suite de ses persévérantes recherches sur toutes les observations de ces taches, qu'outre la période de fréquence des taches d'environ onze ans signalée d'abord par M. Schwabe, la comparaison des résultats des observations paraissait en indiquer une autre plus longue, dont la durée serait d'environ 56 ans, et dont le *maximum* aurait eu lieu en 1836.

Or, M. Stewart a remarqué que, comme la durée de deux révolutions de Saturne est presque égale à celle de cinq révolutions de Jupiter, ces deux planètes doivent se retrouver tous les 59 ans à peu près dans la même position réciproque, et qu'elles se sont trouvées, l'une et l'autre, vers 1840, très près de leur aphélie. On n'aurait certes guère pu se douter à l'avance, que la commensurabilité des moyens mouvements de Jupiter et de Saturne, par suite de laquelle l'illustre géomètre français Laplace est parvenu le premier, en 1787, à rendre raison, par la loi de l'attraction Newtonienne, de la principale inégalité du mouvement de ces planètes en longitude, pût aussi jouer un rôle dans le phénomène des taches du soleil.

Pour en revenir à l'ouvrage de M. Carrington, on doit certainement regretter que des circonstances indépendantes de sa volonté l'aient obligé à discontinuer ses observations, avant d'avoir complété, comme il en avait l'intention, au moins une période entière, dite de Schwabe ou de onze ans, de la variation de fréquence des taches ; et qu'il n'ait pas pu non plus approfondir davantage quelques parties de ce sujet. Mais son travail n'en reste pas moins très-important, puisqu'outre l'exacte détermination des éléments de position de l'équateur solaire qui y est donnée, c'est le premier où la loi de variabilité du mouvement des taches en longitude, suivant leur latitude, ait été établie. Les nombreuses séries de planches jointes à cette publication en augmentent beaucoup la valeur, et elle renferme de précieux matériaux qui pourront être longtemps utiles. En joignant à cet

ouvrage le catalogue de 3735 étoiles de seconde à dixième grandeur, très-voisines du pôle boréal, que M. Carrington a publié en 1857, aux frais du gouvernement anglais, d'après ses observations faites à Redhill avec un cercle-méridien, ces deux volumes constituent un monument remarquable de ce que peut obtenir, en peu d'années, dans un petit observatoire particulier, en fait de résultats très-avantageux à la science, un astronome habile et dévoué.

Il serait fort à désirer que M. Carrington, qui a été pendant bien des années l'un des secrétaires de la Société astronomique, et qui a reçu d'elle, en février 1859, pour son catalogue d'étoiles circompolaires, la médaille d'or qu'elle décerne annuellement, pût reprendre bientôt ses travaux scientifiques et y rendre de nouveaux services à l'astronomie.

Alfred Gautier.

PHYSIQUE.

J. Janssen, Des raies telluriques du spectre solaire. (*Actes de l'Académie de Nuovi Lincei de Rome.*)

M. Janssen nomme *raies telluriques* les lacunes produites dans un spectre quelconque par l'action de l'atmosphère de la terre. Ces raies, que MM. Brewster et Gladstone avaient nommées atmosphériques, sont celles qui viennent s'ajouter en assez grand nombre aux raies ordinaires du spectre examiné pendant la journée, quand le soleil est près de l'horizon, c'est-à-dire le soir et le matin. Dès l'origine on avait pensé à en attribuer l'existence à l'action de l'atmosphère terrestre et surtout aux vapeurs qu'elle contient en plus grande abondance le soir et le matin. Toutefois il existait encore des doutes sur l'exactitude de cette explication, fondés sur ce que les raies nouvelles disparaissaient complétement du spectre pendant tout le cours de la journée, ce qui n'aurait pas dû avoir lieu si elles étaient dues à l'action de l'atmosphère.

M. Janssen, au moyen d'un spectroscope perfectionné qui lui a donné un spectre joignant à une dilatation extrême une pureté qui permettait d'y discerner des lignes d'une grande finesse ou celles qui ne sont que faiblement accentuées, a pu constater que les plus importantes des bandes ou groupes qu'on avait remarqués le soir et le matin dans le spectre, se résolvaient en lignes bien distinctes, visibles par toute hauteur du soleil et variant d'intensité précisément comme les épaisseurs d'air traversées par les rayons solaires. Il était ainsi démontré que notre atmosphère produit dans le spectre solaire un système de raies qui lui est propre et qu'on doit distinguer des raies solaires proprement dites.

L'auteur s'est attaché dès lors à construire des cartes qui présentent cette distinction capitale, travail long et pénible, surtout quand on songe que le spectroscope employé montre dans le spectre environ trois mille raies. Quoique les cartes dont il s'agit ne soient pas encore publiées, M. Janssen indique les parties du spectre où les raies telluriques sont les plus nombreuses ou les plus prononcées; il remarque que ces raies diffèrent entre elles non-seulement par la largeur, mais encore par l'intensité, ce qui montre que l'action absorbante de l'atmosphère ou le coefficient d'extinction est variable pour chaque radiation lumineuse élémentaire.

Le fait que les gaz de notre atmosphère ont le pouvoir de faire naître des bandes obscures dans le spectre, devient un nouvel appui à la théorie de M. Kirchhoff sur la cause des raies du spectre solaire, en montrant qu'elles peuvent être dues à l'atmosphère qui entoure le noyau d'où émane la lumière solaire. M. Janssen a adopté le nom de telluriques pour désigner les raies que notre atmosphère fait naître dans le spectre du soleil ou des autres astres, la dénomination d'atmosphérique pouvant laisser dans l'esprit une certaine confusion puisque, en définitive, toutes les raies des spectres cosmiques sont produites par des atmosphères.

M. Janssen a appliqué son spectroscope perfectionnné à l'étude des bandes telluriques dans les spectres de la lune et de quelques

étoiles. Il y a trouvé des bandes obscures analogues à celles que le spectre solaire lui a présentées dans les mêmes circonstances, c'est-à-dire lorsque les astres sont près de l'horizon. Du reste, il n'entre pas dans de grands détails sur ce sujet, sur lequel il compte revenir.

J.-C. Poggendorff. Ueber eine neue Klasse, etc.... Sur une nouvelle classe de phénomènes d'induction. (*Poggend. Ann.*, 1864, n° 11, p. 448.)

Il s'agit de phénomènes particuliers que présentent les courants d'induction produits par un inducteur (machine de Ruhmkorff), lorsqu'on fait communiquer avec les conducteurs entre lesquels part l'étincelle des fils de métal plus ou moins longs.

L'inducteur employé par l'auteur est de moyenne force : on s'est servi habituellement de l'interrupteur à mercure de Foucault. Le *déchargeur* est une tige de platine horizontale supportée par un pied isolant et communiquant avec le sol. Au moyen d'une coulisse le long de laquelle se trouve une échelle divisée, on peut faire glisser cette tige perpendiculairement à sa direction, de manière à lui faire occuper le point que l'on veut le long du chemin de l'étincelle, entre les deux pointes du micromètre.

A l'aide de cet appareil, on peut observer des phénomènes déjà connus, mais dont la description est nécessaire à ce qui suit. Les deux fils *polaires*, c'est-à-dire les fils qui font communiquer l'une des extrémités de la bobine d'induction avec la pointe correspondante du micromètre, sont courts et égaux ; chacun a de 8 à 12 pouces de long ; les deux pointes du micromètre sont à une distance égale à la moitié de la distance *maxima*. On approche le déchargeur de l'un des pôles ; il arrive un moment où l'on obtient une décharge dérivée et la distance à laquelle elle commence à se produire est à peu près la même pour les deux pôles. En continuant à rapprocher le déchargeur du pôle positif, on finit par faire disparaître complétement la décharge principale ; au

contraire, pour le pôle négatif on la rend de plus en plus forte. Quelquefois même, lorsqu'on en a éloigné suffisamment les deux pôles pour faire disparaître l'étincelle, on la rétablit en amenant le déchargeur à côté du pôle négatif. Dans ces expériences, l'extrémité du déchargeur est à une certaine distance de la ligne même que suit l'étincelle. Si l'extrémité est sur cette ligne, on obtient en général deux étincelles, l'une large et brillante entre le déchargeur et le pôle le plus éloigné, l'autre étroite et pâle entre le déchargeur et le pôle le plus rapproché.

Voici maintenant en quoi consistent les phénomènes observés par M. Poggendorff.

On remplace un des fils polaires, le fil positif, par exemple, par un fil plus long et bien isolé ; ainsi, au lieu de 12 pouces, le fil polaire positif a environ 20 pieds de long. On remarque dans ce cas :

1° Les étincelles sont plus brillantes et plus fortes que dans le cas normal où les deux fils polaires sont égaux et courts ;

2° En approchant successivement le déchargeur du pôle positif et du pôle négatif, la distance explosive de la décharge dérivée est plus grande pour le pôle positif et plus petite pour le pôle négatif que dans le cas normal ;

3° Tout le circuit inducteur est chargé d'électricité libre lors même que ce circuit n'est pas isolé avec soin. Cette électricité est négative, par conséquent, contraire au pôle muni d'un long fil.

Si c'est, au contraire, le fil du pôle négatif que l'on allonge, c'est de l'électricité positive qui se développe sur le circuit inducteur et les distances explosives de la décharge dérivée pour les deux pôles sont dans le rapport inverse de ce qu'elles étaient dans le premier cas.

Lorsqu'on donne une grande dimension aux deux fils polaires à la fois, la distance explosive de l'étincelle principale qui n'avait pas varié dans les cas précédents est notablement diminuée ; l'éclat de l'étincelle augmente ; les distances explosives de l'étin-

celle dérivée deviennent égales aux deux pôles ; l'électricité du circuit inducteur disparaît.

L'auteur a cherché quelle est l'influence du diamètre des fils polaires. Un certain nombre d'expériences faites avec des fils de diamètres différents ont montré qu'un fil plus épais agit avec plus d'intensité, mais que cette intensité augmente beaucoup moins rapidement que la section du fil.

L'action du fil polaire augmente, comme on l'a vu, avec la longueur, mais suivant un rapport plus petit que cette longueur elle-même. On peut en juger par les distances explosives correspondant à des couples de fils de différentes longueurs. Pour des fils d'un pied, cette distance est de 35 lignes ; pour 20 pieds, elle devient 22 lignes, et pour 300 pieds, 18 lignes.

On obtient les mêmes phénomènes en se servant de bandes métalliques au lieu de fils. Il y a, cependant, cette différence que les étincelles obtenues avec des bandes sont plus brillantes et plus compactes et rappellent les étincelles obtenues avec une bouteille de Leyde. Une bande de 20 pieds de long et d'un pouce de large combinée avec une bande de 2 pieds de long et d'un pied de large, agit comme le ferait un long fil combiné avec un court, bien que la surface de la première bande soit plus petite que celle de la seconde.

En quoi consiste l'action des fils polaires ? Les expériences sur les fils de diamètres variables font voir qu'il ne s'agit pas d'un phénomène où la résistance électrique de ces fils joue un rôle. Ce qui confirme encore cette manière de voir, c'est qu'un fil cesse d'agir lorsqu'on le roule en spirale, ce qui ne fait nullement varier sa résistance. Un long fil ainsi roulé, combiné avec un fil court, ne donne lieu à aucune différence de tension aux deux pôles, mais à mesure qu'on le déroule, les phénomènes qu'on a décrits se produisent. On pourrait penser que la spirale par son action sur elle-même annule un autre effet d'induction ; mais en plaçant une spirale à la suite d'un long fil étendu, ce fil agit comme s'il n'y avait pas de spirale. Enfin, un fait bien ca-

ractéristique est qu'il n'est pas nécessaire d'intercaler le fil dans le circuit induit, mais qu'il suffit pour qu'il agisse de le mettre par une de ses extrémités en communication avec le pôle.

On peut expliquer pourquoi une différence de tension aux deux pôles donne lieu à un développement d'électricité sur le circuit inducteur. La bobine induite agit sur l'inductrice par influence. Lorsque les deux moitiés du fil induit sont chargées d'électricités égales et de signes contraires, l'inducteur reste sans électricité libre, mais aussitôt que l'une des deux électricités prédomine sur l'induit, l'autre électricité doit prédominer sur l'inducteur.

Cette explication d'un des effets observés ne permet pas de rien conclure relativement à l'action des fils polaires. Cette action ne consiste-t-elle pas dans la production de courants alternatifs? Si l'on remplace simplement l'étincelle dans l'air par un tube de Geissler, l'action des longs fils ne se manifeste plus; mais on les obtient de nouveau en intercalant dans le circuit induit un tube de Geissler et le micromètre à étincelles. En se servant d'un couple de longs fils, on observe alors un phénomène remarquable. Avec deux fils courts, le tube était rempli d'une lumière blanchâtre et il n'y avait qu'une coloration violette au pôle négatif. Avec les fils longs, une belle lumière jaune comme celle du verre d'urane entoure le pôle positif et occupe un espace nettement limité qui va du pôle positif aux parois du tube. Un fait remarquable est qu'il n'y a pas trace au pôle positif de la lumière bleue qui produit habituellement cette lumière fluorescente, et qu'au contraire, au pôle négatif, la lumière bleue ne produit presque pas de fluorescence dans ces circonstances.

Si l'on met d'abord en contact les pointes du micromètre et qu'on les écarte peu à peu, le phénomène qu'on vient de décrire ne se produit pas d'abord et commence seulement pour un certain écartement des pointes. En augmentant encore cet écartement, le phénomène se modifie; la stratification et l'espace obscur disparaissent; tout le tube d'un bout à l'autre est rempli d'une lumière violette homogène qui forme un contraste frappant

avec la lumière fluorescente qui continue à se montrer au pôle positif. Des tubes différents ont donné des résultats analogues.

Ces expériences montrent que des longs fils polaires donnent lieu à des courants alternatifs, lorsque la distance explosive de l'étincelle dans l'air atteint une certaine grandeur. On peut, en effet, produire un phénomène tout à fait semblable dans un tube de Geissler au moyen des courants alternatifs que l'on obtient, comme on le sait, avec un tableau de Franklin. Seulement, dans ce cas, il y a de la lumière bleue aussi au pôle positif. Cette différence provient sans doute de ce que les courants alternatifs produits par les longs fils polaires sont plus différents d'intensité.

Quant à la manière dont les longs fils fonctionnent pour produire ces courants alternatifs, l'auteur ne juge pas qu'il soit opportun avant des recherches nouvelles de chercher à rendre compte de cette action.

PROF. G. HINRICHS. ON THE DISTRIBUTION... SUR LA DISTRIBUTION DES RAIES OBSCURES DANS LE SPECTRE DES ÉLÉMENTS. (*Américan journal of sciences*, etc., t. 88, page 31.)

En considérant la distance entre elles des raies des différents groupes du spectre produit par le calcium, le baryum et le strontium, M. Hinrichs a été amené à formuler les lois et les conclusions suivantes :

1re loi. Étant donné un groupe, les distances mutuelles des raies sont des multiples de la plus petite d'entre elles.

2e loi. Les intervalles entre les différents groupes peuvent être exprimés en nombres simples comme 1, 2, 3.

3e loi. La différence en longueur d'onde entre les lignes correspondantes d'un groupe est la même dans tout le spectre.

4e loi. Les principales lignes ou groupes de lignes correspondantes sont équidistants en regard de leurs longueurs d'onde.

Mais quelle est la cause de ces lois? Les raies, dit l'auteur,

ne peuvent avoir d'autre origine que l'une des deux suivantes : elles sont produites par les dimensions des particules solides ou bien par les intervalles, soit distances, qui les séparent. La dernière est inadmissible, puisque les lignes restent les mêmes dans les diverses circonstances qui pourraient avoir pour effet d'écarter ou de rapprocher les particules : alors les lignes doivent être produites par le volume des particules ou atomes eux-mêmes, et une connaissance exacte de ces lois et distances doit nous conduire à la connaissance des dimensions relatives des atomes.

Nous renverrons pour plus de détails au mémoire original, en nous bornant à faire remarquer que la première loi, vraie pour une partie du spectre du calcium, par exemple, ne l'est pour d'autres qu'à la condition de réunir deux distances en une seule, ce qui revient au fond à considérer comme n'existant pas des raies parfaitement observées cependant. M. D.

CHIMIE.

E. Maumené. Théorie générale de l'exercice de l'affinité. (*Annales de chimie et de physique*, 4me série, t. III, p. 319.)

Voilà un titre bien fait pour attirer l'attention des chimistes, et si l'auteur a réussi à jeter quelque lumière sur un sujet demeuré jusqu'ici aussi obscur, il aura certainement rendu un grand service à la science. A n'en juger que par le nombre et l'importance des réactions chimiques qu'il passe en revue, et dans lesquelles il croit trouver une éclatante confirmation de sa théorie, on serait d'abord porté à croire qu'il a effectivement découvert une loi qui les explique et permet de les prévoir. Malheureusement un examen attentif de ce mémoire montre que l'auteur est simplement la dupe d'une illusion qui a bien souvent induit en erreur les savants lorsqu'ils se laissent trop entraîner à des spéculations purement théoriques. Ils ne s'aperçoivent pas que leurs

théories ne s'accordent avec les faits que parce qu'ils y ont introduit des hypothèses arbitraires, qu'ils font varier dans chaque cas, et dont la justification serait tout aussi difficile que celle des faits mêmes qu'ils ont la prétention d'expliquer.

Il me sera facile de montrer, je crois, que la théorie de M. Maumené repose sur une première hypothèse que rien ne justifie, et qu'elle ne se trouve d'accord avec plusieurs réactions chimiques que parce que, dans l'application de cette théorie à chaque cas particulier, il introduit une seconde hypothèse complétement arbitraire.

Le principe de cette théorie est extrêmement simple. Suivant l'auteur, lorsque deux corps réagissent l'un sur l'autre, la réaction s'établit nécessairement entre des poids de ces corps proportionnels à leurs densités respectives, et par conséquent entre des nombres d'atomes proportionnels à ces densités divisées par les poids atomiques. Or voici comment il démontre ce principe fondamental. Supposons du cuivre en présence de l'acide sulfurique ; c'est une règle incontestable, dit l'auteur, que l'action est égale à la réaction, donc l'action chimique de l'acide doit pénétrer dans le cuivre rigoureusement à la même profondeur que l'action chimique du métal dans l'acide qui est en contact avec lui. Voilà incontestablement un principe bien établi, et SANS AUCUNE HYPOTHÈSE, ajoute M. Maumené en lettres majuscules. Il l'est certainement aussi bien que les deux suivants qui reposent sur la même démonstration et qui pourront un jour peut-être servir de base à quelque nouvelle théorie. Je presse un morceau de caoutchouc contre une barre de fer : toute action est égale à la réaction, donc le rapprochement qu'éprouveront les molécules dans ces deux corps sera rigoureusement le même. Je mets en contact un métal chaud et un morceau de bois froid, l'action étant égale à la réaction, les changements de température qui résulteront de ce contact devront se propager rigoureusement à la même distance de part et d'autre de la surface de séparation.

Voyons maintenant par un exemple comment ce principe, si

bien établi, se plie aux exigences de l'expérience. L'auteur va nous montrer que sa théorie explique parfaitement pourquoi le phosphore décompose l'acide chlorhydrique aqueux à 200 degrés, en produisant de l'hydrogène phosphoré et de l'acide phosphoreux, tandis qu'il demeure sans action sur l'eau à cette température. D'après sa théorie, la réaction devra s'établir dans le premier cas entre des nombres d'atomes d'acide chlorhydrique et de phosphore qui seraient dans le rapport de 1 : 4, 5, dans le second entre des nombres d'atomes de phosphore et d'eau qui seraient dans le rapport de 1 : 1,94. Puis, par une hypothèse complétement arbitraire et dont il ne semble pas même avoir conscience, il admet que les nombres absolus d'atomes qui réagissent sont dans le premier cas 10 et 45, dans le second 1 et 2. Ceci admis, il est facile de concevoir que dans la première réaction il trouve tous les éléments nécessaires pour former de l'hydrogène phosphoré et de l'acide phosphoreux, en faisant, il est vrai, en outre dégager de l'hydrogène libre dont l'expérience n'a pas constaté la présence ; tandis que la seconde réaction est déclarée impossible, car on ne peut supposer qu'un seul atome de phosphore décompose l'eau, ne pouvant se combiner qu'avec un seul de ses éléments. Mais pourquoi l'auteur n'a-t-il pas décuplé les rapports aussi bien que dans le premier cas ? Sa théorie lui aurait alors montré 10 atomes de phosphore réagissant sur 20 atomes d'eau, ce qui permettrait d'expliquer la formation des combinaisons les plus diverses du phosphore avec l'hydrogène et l'oxygène.

Ajoutons enfin que dans le cas où, malgré l'introduction d'une pareille hypothèse arbitraire, la nouvelle théorie ne conduit pas tout à fait aux résultats indiqués par l'expérience, l'auteur n'en paraît pas du tout embarrassé. Citons comme exemple l'action de l'acide azotique concentré sur le phosphore. Sa théorie indique comme produits de cette action de l'acide phosphoreux, du phosphure d'hydrogène liquide, de l'ammoniaque, trois substances dont jusqu'ici l'expérience n'a pas constaté la formation ; en revanche, elle n'indique pas l'acide phosphorique, qui paraît être le

seul produit essentiel que l'on obtienne dans ce traitement. M. Maumené en est quitte pour admettre en pareil cas que des réactions secondaires ont fait disparaître les produits indiqués par la théorie, pour donner naissance à ceux que l'expérience constate. C. M.

F. Reich et Th. Richter. Ueber... Sur l'Indium (suite). (*Journ. für prak. Chemie*, t. XCII. p. 480.)

Nous avons rendu compte des premières notices de MM. Reich et Richter sur leur nouveau métal. [1] Depuis lors ces chimistes ont extrait de 200 livres de blende quelques grammes d'indium avec lesquels ils ont pu tout à la fois vérifier et étendre leurs premiers résultats.

Contrairement à une assertion antérieure, l'oxyde d'indium est facilement réduit par l'hydrogène dans un tube à boule; le métal fond à une température suffisante en gouttelettes qui se laissent assez bien détacher du verre, quoiqu'une petite portion reste adhérente aux parois de la boule; on peut réunir en un seul les grains détachés, en les fondant avec du cyanure de potassium. Dans la réduction de l'oxyde d'indium par l'hydrogène, le gaz entraîne un peu de métal, ce qui lui donne la propriété de brûler avec une belle flamme bleue.

Le métal est blanc, plus clair que l'étain, se rapprochant de l'argent ; il est très-mou, ductile, inaltérable à l'air et même dans l'eau bouillante. Son poids spécifique est en moyenne de 7, 18 à + 20° C. Son point de fusion est très-voisin de celui du plomb. Au chalumeau, sur le charbon, l'indium fond en un globule éclatant qui se gonfle et colore la flamme en bleu, en formant un dépôt jaune foncé plus clair à froid.

Les acides sulfurique et chlorhydrique dissolvent l'indium lentement à froid, plus vite à chaud ; la liqueur est précipitée d'une manière complète par la potasse et l'ammoniaque : il se dépose

[1] Voyez *Archives*, t. XIX, p. 144.

un hydrate blanc gélatineux qui s'attache aux parois du vase et peut facilement être lavé. L'acide tartrique empêche la précipitation d'avoir lieu. L'oxyde d'indium chauffé est brun ou rouge sombre : il devient en se refroidissant orangé, puis jaune de paille clair. L'hydrogène sulfuré précipite à peine les dissolutions indiquées dans les acides forts ; mais il décompose très-bien l'acétate dans lequel il produit un sulfure gélatineux jaune orangé qui forme en se desséchant des morceaux bruns dont la couleur s'éclaircit par le broyage. Le sulfure d'indium est dissous par les acides chlorhydrique et sulfurique, avec dégagement d'hydrogène sulfuré.

Le chlorure anhydre est très-volatil ; il forme des paillettes blanches très-déliquescentes ; sa dissolution aqueuse se décompose par l'évaporation : de l'acide chlorhydrique se dégage en entraînant un peu de chlorure, et il reste un composé basique insoluble. Le sulfate cristallise difficilement en petites lamelles blanches. D'après la composition de l'oxyde, les auteurs établissent, d'une manière approximative, le poids atomique de l'indium = à 463 environ. Pour ce qui concerne les procédés d'extraction, nous renverrons au mémoire original ; ajoutons seulement que tous les échantillons de zinc préparé au moyen de la blende ont été reconnus pour contenir de l'indium.

M. D.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE DÉCEMBRE 1864.

Le 6, brouillard tout le jour.
8, id. id.
9, id. id. ; dépôt de givre.
10, brouillard une partie de la journée ; depuis 6 h. 45 m. couronne lunaire ; de 10 h. 50 m. à minuit beau halo lunaire.
11, brouillard une partie de la journée ; dépôt de givre.
12, brouillard jusqu'au soir.
13, brouillard jusqu'à midi.
16, il est tombé une faible quantité de neige, qui a pris pied, mais qui a disparu le lendemain.
19, il est tombé dans la nuit un peu de neige, qui a pris pied, mais qui a disparu dans la matinée.
21, brouillard jusqu'au soir.
22, il est tombé un peu de neige, mais qui n'est pas restée sur le sol.
30, brouillard dans la soirée.
31, brouillard jusqu'à 6 h. du soir, avec dépôt de givre.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
		Le 1, à 6 h. soir	731,07
Le 4, à 10 h matin...	737,98		
		8, à 2 h. soir	726,68
11, à 10 h. matin...	729,45		
		15, à 2 h. soir	713,19
20, à 10 h. matin...	731,36		
		22, à 4 h. soir......	722,36
24, à 8 h. soir.....	731,48		
		27, à 2 h. soir......	726,24
29, à 10 h. matin ...	734,09		

GENEVE. — DÉCEMBRE 1864.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Ecart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h	Tension de la vap. Ecart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Ecart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minimum.	Fract. de saturation Maximum.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.		Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Ecart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi
	millim.	millim.	o	o	o	o	mm	mm					mm.					o		pouces
1	731,95	+ 5,19	+ 1,01	−1,29	− 0,9	+ 3,8	3,92	−0,62	802	− 54	670	890	...	..	S.	1	0,92	7,8	− 0,2	36,5
2	733,48	+ 6,69	+ 2,58	+0,41	− 0,1	+ 4,2	4,05	−0,45	733	−123	650	840	...	..	NNE.	2	0,60	7,4	− 0,5	36,5
3	735,97	+ 9,15	+ 1,95	−0,09	+ 1,0	+ 2,9	3,49	−0,97	669	−188	630	680	...	..	N.	2	0,97	6,8	− 1,0	36,5
4	737,10	+10,31	− 0,21	−2,13	− 0,8	+ 1,7	3,65	−0,77	815	− 42	750	880	...	..	NNE.	2	0,81	...	....	36,2
5	734,06	+ 7,18	− 0,97	−2,77	− 1,6	0,0	3,84	−0,55	908	+ 51	870	960	...	..	NNE.	1	1,00	7,0	− 0,5	36,0
6	733,50	+ 6,60	− 2,99	−4,68	− 4,4	− 2,0	3,66	−0,70	997	+139	960	1000	...	..	SO.	1	1,00	6,9	− 0,6	36,0
7	731,91	+ 4,99	− 1,49	−3,06	− 2,6	+ 0,2	3,85	−0,48	946	+ 88	850	1000	...	..	ESE.	1	1,00	6,8	− 0,5	35,0
8	727,48	+ 0,53	− 4,04	−5,50	− 5,2	− 2,0	3,35	−0,95	997	+139	950	1000	...	..	SSO.	1	0,96	6,7	− 0,5	35,0
9	727,43	+ 0,45	− 2,47	−3,82	− 4,7	− 0,2	3,88	−0,39	1000	+141	1000	1000	...	..	variable		0,99	6,8	− 0,3	34,8
10	727,52	+ 0,52	− 0,13	−1,37	− 1,4	+ 1,5	4,33	+0,09	955	+ 96	760	1000	0,1	1	variable		1,00	6,8	− 0,2	34,5
11	728,50	+ 1,47	+ 0,13	−1,01	− 1,9	+ 2,0	4,43	+0,22	947	+ 87	890	1000	...	..	variable		1,00	...	.....	34,2
12	724,77	− 2,28	− 0,13	−1,17	− 1,0	+ 0,7	4,41	+0,22	974	+114	890	1000	...	..	variable		1,00	6,7	− 0,1	33,8
13	718,54	− 8,54	+ 1,18	+0,24	− 0,3	+ 3,3	4,55	+0,38	908	+ 47	850	980	...	..	NNE.	1	1,00	6,7	0,0	33,7
14	717,93	− 9,18	− 0,28	−1,13	− 0,8	+ 1,2	4,19	+0,04	934	+ 73	890	990	...	..	NNE.	1	1,00	6,6	0,0	33,8
15	713,64	−13,49	+ 0,63	−0,13	− 0,7	+ 4,5	4,35	+0,22	912	+ 50	760	970	...	..	SO.	1	0,88	6,6	0,0	33,7
16	716,18	−10,98	+ 1,28	+0,61	− 0,4	+ 3,9	4,34	+0,23	856	− 6	730	940	0,3	2	SSO.	2	0,98	6,6	+ 0,1	33,5
17	722,26	− 4,92	+ 2,19	+1,60	+ 0,7	+ 5,1	4,07	−0,02	772	− 91	580	880	...	..	NNE.	1	0,62	6,6	+ 0,2	33,5
18	722,27	− 4,94	+ 0,83	+0,32	− 0,7	+ 1,9	4,27	+0,20	874	+ 11	830	900		..	NNE.	1	1,00	...	.....	33,2
19	727,70	+ 0,46	+ 1,86	+1,43	− 0,1	+ 3,5	4,75	+0,69	906	+ 42	840	980	0,8	3	variable		0,99	6,6	+ 0,4	33,3
20	730,45	+ 3,19	+ 1,89	+1,54	+ 0,2	+ 3,2	4,86	+0,81	929	+ 65	830	1000	1,9	3	SSO.	1	0,88	6,6	+ 0,5	33,0
21	726,80	− 0,48	+ 1,45	+1,17	− 1,6	+ 3,4	5,00	+0,96	968	+103	900	1000	...	..	SSO.	1	1,00	6,6	+ 0,6	33,0
22	722,77	− 4,53	+ 2,05	+1,84	+ 0,3	+ 3,6	4,59	+0,56	858	− 7	780	930	1,1	3	NNE.	2	0,91	6,5	+ 0,6	32,8
23	725,27	− 2,05	− 1,75	−1,89	− 2,9	+ 1,7	3,48	−0,54	877	+ 11	830	910	...	..	NNE.	2	1,00	5,2	− 0,7	32,7
24	730,71	+ 3,37	− 3,18	−3,26	− 4,0	− 2,4	3,05	−0,96	861	− 5	800	910	...	..	NNE.	1	1,00	5,2	− 0,8	32,8
25	730,64	+ 3,28	− 4,63	−4,65	− 5,4	− 3,2	2,89	−1,11	908	+ 42	870	970	...	..	NNE.	1	1,00	...	....	32,2
26	728,63	+ 1,25	− 4,96	−4,93	− 5,4	− 4,4	2,92	−1,08	932	+ 65	900	980	...	..	NNE.	1	1,00	4,9	− 0,7	32,0
27	726,61	− 0,79	− 4,26	−4,18	− 5,5	− 3,0	3,04	−0,95	918	+ 51	830	1000	...	..	NNE.	1	0,88	4,7	− 0,9	31,5
28	729,59	+ 2,17	− 3,62	−3,49	− 4,6	− 2,9	3,12	−0,87	900	+ 33	850	930	...	..	NNE.	2	0,78	4,7	− 0,8	31,3
29	733,60	+ 6,16	− 3,63	−3,46	− 4,4	− 2,7	3,12	−0,87	900	+ 32	860	940	...	..	NNE.	1	1,00	4,2	− 1,2	31,2
30	729,32	+ 1,87	− 4,88	−4,67	− 5,5	− 3,2	3,11	−0,87	993	+125	940	1000	...	..	variable		1,00	4,9	− 0,5	31,0
31	722,47	− 4,99	− 5,10	−4,85	− 7,4	− 2,9	3,17	−0,81	1000	+132	1000	1000	...	..	SO.	1	1,00	4,8	− 0,5	30,5

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1864

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	732,30	732,46	732,73	732,10	731,62	731,65	731,81	732,04	732,14
2e »	722,06	722,29	722,72	722,88	721,94	722,19	722,44	722,59	722,63
3e »	727,79	728,25	728,52	727,87	727,54	727,58	727,79	727,90	727,68
Mois	727,40	727,69	728,00	727,43	727,05	727,15	727,36	727,52	727,49

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	— 1,48	— 1,44	— 0,55	+ 0,11	+ 0,56	— 0,03	— 0,46	— 0,62	— 0,81
2e »	+ 0,33	+ 0,43	+ 1,05	+ 1,83	+ 2,18	+ 1,59	+ 1,16	+ 0,70	+ 0,72
3e »	— 3,56	— 3,50	— 3,17	— 2,66	— 2,20	— 2,28	— 2,46	— 2,74	— 3,03
Mois	— 1,63	— 1,57	— 0,97	— 0,32	+ 0,10	— 0,31	— 0,65	— 0,94	— 1,11

Tension de la vapeur.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	3,71	3,66	3,77	3,86	3,86	3,97	3,87	3,88	3,85
2e »	4,45	4,46	4,48	4,38	4,42	4,44	4,54	4,46	4,39
3e »	3,33	3,32	3,43	3,45	3,55	3,50	3,54	3,41	3,35
Mois	3,82	3,80	3,88	3,88	3,93	3,96	3,97	3,90	3,85

Fraction de saturation en millièmes.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
1re décade,	910	897	867	844	815	876	880	892	900
2e »	946	937	908	839	828	864	907	918	907
3e »	941	928	933	907	895	893	913	902	911
Mois	933	921	904	865	848	878	900	904	906

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	o	o		o	mm	p.
1re décade,	— 2,07	+ 1,01	0,93	7,07	0,1	35,7
2e »	— 0,50	+ 2,93	0,93	6,62	3,0	33,6
3e »	— 4,22	— 1,45	0,96	5,17	1,1	31,9
Mois	— 2,33	+ 0,75	0,94	6,23	4,2	33,7

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,21 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 39°,1 E. et son intensité est égale à 34 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE DÉCEMBRE 1864.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 4, à 10 h. soir....	568,96	Le 2, à 6 h. matin..	563,24
11, à 10 h. matin...	564,93	8, à 4 h. soir....	561,11
20, à 10 h. matin ..	563,98	16, à 6 h. matin .	551,65
29, à 8 h. soir....	567,18	23, à 6 h. matin..	555,31

SAINT-BERNARD. — DÉCEMBRE 1864.

Jours du mois.	Baromètre.				Température, C.				Pluie ou neige.			Vent	Clarté
	Hauteur moy. des 24 heures.	Ecart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la température normale.	Minimum.[1]	Maximum.[1]	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures	dominant	moy. du Ciel.
	millim.	millim,	millim.	millim.	o	o	o	o	cm	mm			
1	564,50	+ 2,84	563,52	565,62	— 6,06	+ 0,97	— 7,4	— 3,3	......	......	......	NE. 1	0,46
2	564,40	+ 2,78	563,24	565,15	—10,90	— 3,77	—11,6	—10,0	......	......	......	NE. 2	0,44
3	566,23	+ 4,64	565,13	567,36	—10,25	— 3,03	—13,0	— 7,8	......	......	......	NE. 1	0,00
4	568,47	+ 6,92	567,94	568,96	— 5,31	+ 2,00	— 9,0	— 3,3	......	.....	......	variable	0,00
5	567,53	+ 6,02	566,92	568,11	— 2,40	+ 5,00	— 5,4	+ 1,8	......	......	......	NE. 1	0,03
6	567,93	+ 6,45	567,67	568,41	— 6,81	+ 0,68	— 9,0	— 3,7	......	......	......	NE. 1	0,00
7	565,53	+ 4,08	564,47	566,95	— 5,93	+ 1,65	— 7,0	— 3,8	......	......	.....	SO. 1	0,12
8	561,57	+ 0,15	561,11	562,15	— 7,78	— 0,11	— 9,5	— 5,1	......	......	......	SO. 1	0,10
9	561,74	+ 0,35	561,23	562,19	— 8,86	— 1,11	—10,0	— 7,5	......	......	......	SO. 1	0,04
10	562,95	+ 1,59	562,11	564,18	— 7,79	+ 0,04	—10,3	— 5,8	......	......	......	SO. 1	0,37
11	564,46	+ 3,13	564,17	564,93	— 6,49	+ 1,42	— 7,0	— 5,4	......	......	......	SO. 1	0,47
12	561,79	+ 0,49	560,43	563,30	— 5,44	+ 2,55	— 6,3	— 4,4	......	......	......	SO. 1	0,78
13	556,46	— 4,81	555,87	557,28	— 5,54	+ 2,52	— 6,7	— 4,5	......	......	......	SO. 1	1,00
14	556,79	— 4,45	556,14	557,50	— 6,83	+ 1,30	— 8,0	— 5,6	50	7,0	6	SO. 2	1,00
15	553,01	— 8,21	552,30	554,16	— 5,67	+ 2,53	— 6,2	— 4,9	30	3,2	5	SO. 1	1,00
16	552,63	— 8,56	551,65	554,11	— 6,55	+ 1,72	— 7,8	— 5,1	10	1,0	3	NE. 1	0,81
17	557,37	— 3,79	555,67	558,73	— 8,64	— 0,30	— 9,8	— 7,8	......	....	......	SO. 1	0,89
18	558,21	— 2,92	557,93	558,90	— 7,45	+ 0,96	— 9,2	— 6,1	30	2,2	3	SO. 1	1,00
19	561,82	+ 0,71	559,18	563,92	— 6,53	+ 1,94	— 7,5	— 5,1	70	5,3	8	SO. 1	1,00
20	563,40	+ 2,32	562,16	564,05	— 7,80	+ 0,73	—10,1	— 5,1	......	......	......	NE. 1	0,73
21	560,19	— 0,86	559,95	560,53	— 9,86	— 1,27	—10,5	— 9,1	......	......	......	NE. 1	0,26
22	556,24	— 4,79	555,51	557,11	—11,39	— 2,74	—13,0	— 9,7	20	1,6	2	NE. 1	0,79
23	556,86	— 4,14	555,31	558,68	—13,51	— 4,81	—16,1	—11,8	......	......	......	SO. 1	0,66
24	561,30	+ 0,32	559,72	562,03	—10,01	— 1,26	—11,7	— 9,1	......	......	......	NE. 1	0,54
25	561,70	+ 0,74	561,21	562,36	—11,11	— 2,31	—12,1	— 9,2	......	......	......	NE. 1	0,34
26	562,04	+ 1,10	561,55	562,51	—12,35	— 3,50	—14,0	—10,3	......	......	......	SO. 1	0,00
27	561,91	+ 0,99	561,54	562,44	— 5,40	+ 3,50	— 7,8	— 4,2	......	......	......	variable	0,96
28	562,61	+ 1,71	561,89	563,75	— 3,14	+ 5,81	— 5,4	— 0,8	......	......	......	variable	0,66
29	566,38	+ 5,50	564,49	567,18	— 4,27	+ 4,72	— 6,9	— 1,0	......	......	......	NE. 1	0,00
30	563,19	+ 2,34	561,37	565,13	— 6,79	+ 2,24	— 8,0	— 4,0	......	......	......	NE. 1	0,00
31	556,22	— 4,61	554,37	558,52	— 9,33	— 0,26	—10,5	— 6,2	......	......	......	NE. 1	0,20

[1] Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermomètrographes étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE DÉCEMBRE 1864.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h. s
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	565,02	564,87	565,28	565,05	564,85	564,97	565,10	565,33	565,39
2e »	558,41	558,64	558,85	558,59	558,31	558,58	558,56	558,72	558,77
3e »	560,64	560,80	561,14	560,73	560,42	560,67	560,80	560,99	560,97
Mois	561,33	561,42	561,74	561,43	561,17	561,38	561,46	561,66	561,69
Température.									
1re décade,	— 8°,27	— 7°,95	— 7°,31	— 6°,06	— 4°,87	— 6°,16	— 7°,36	— 7°,64	— 7°,74
2e »	— 7,11	— 7,39	— 6,28	— 5,72	— 5,78	— 6,11	— 6,69	— 6,91	— 6,71
3e »	— 9,55	— 9,09	— 8,35	— 7,63	— 7,17	— 8,50	— 9,08	— 9,27	— 9,32
Mois	— 8,35	— 8,17	— 7,35	— 6,51	— 5,98	— 6,97	— 7,75	— 7,98	— 7,97

	Min. observé.[1]	Max. observé.[1]	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	°	°		mm	mm
1re décade,	— 9,22	— 4,85	0,16	0,0	0
2e »	— 7,86	— 5,40	0,87	18,7	190
3e »	—11,60	— 7,54	0,40	1,6	20
Mois	— 9,25	— 5,74	0,47	20,3	210

Dans ce mois, l'air a été calme 28 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,10 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45°E., et son intensité est égale à 4 sur 100.

[1] Voir la note du tableau.

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120

Fig. 1. f d g h e a b c

Erbium

Fig. 2. a b c

Terbium

Fig. 3. h i a b d e g f c

Didyme

PRÉCIS D'UNE HISTOIRE
DU TERRAIN HOUILLER DES ALPES

PAR

M. ALPHONSE FAVRE,

Prof. à l'Académie de Genève

Dans cette histoire des travaux relatifs au terrain houiller des Alpes, longtemps nommé terrain anthracifère, il m'a paru convenable d'établir des divisions. Je ne veux point les baser sur les mémoires qui ont joué un rôle plus ou moins important dans la géologie des Alpes, mais sur les observations et sur les faits. Il me semble naturel dès lors de comprendre dans la première partie toutes les observations anciennes sur les anthracites et les végétaux qui les accompagnent, en y ajoutant les remarques faites sous l'influence de la géologie anglaise qui avaient pour but la comparaison des terrains des Alpes avec ceux de la Grande-Bretagne. Cette division s'arrête en 1827.

Dans la seconde partie, de 1828 à 1857, je donne le résumé de ce qui a été fait depuis la découverte des bélemnites dans la trop célèbre localité de Petit-Cœur, près Moûtiers en Tarentaise, jusqu'au moment qui précède celui où le terrain triasique a été reconnu dans les Alpes.

La troisième partie, qui ne comprend que les années 1858 à 1860, renferme les observations qui servirent à constater la présence du terrain triasique et celle de l'infra-lias, ainsi que les conséquences qui en résultèrent.

La quatrième partie s'étend de 1860 à 1863. Elle commence à la découverte des nummulites de la Maurienne et s'étend jusqu'à la clôture de la discussion.

Pour résumer en quelques mots la manière dont cette lutte s'est terminée, je dirai que l'un des partis publia une grande abondance de mémoires et l'autre n'en publia que peu ; le nombre des géologues rangés dans le premier a été grand, tandis qu'il était petit dans le second ; enfin on verra que la présence du terrain triasique et de l'infra-lias, ainsi que la position des nummulites, concourent avec les caractères minéralogiques des roches, leur position stratigraphique, si longtemps méconnue, et les fossiles qu'elles renferment, à démontrer la présence du vrai terrain houiller dans les Alpes.

Pendant la durée des débats qui eurent lieu, nous trouvons plusieurs savants de grande distinction dont l'opinion s'est modifiée plus tard sous l'influence des arguments nouveaux. C'est tout à fait à tort qu'on érige quelquefois en reproche ces changements d'opinion. Ils sont, à mon avis, toujours la preuve d'un esprit distingué et travailleur qui se tient au courant des progrès de la science. Ils montrent également une loyauté et une indépendance de caractère qui honorent l'homme dont les opinions se modifient d'après des motifs purement scientifiques [1].

[1] Je ne voudrais pas qu'on prît ces réflexions pour une critique indirecte de la conduite des hommes qui n'ont point modi-

Pour qu'une histoire offre quelques résultats utiles, il faut qu'on puisse compter sur son impartialité. Mais son impartialité ne consiste pas à mettre au même niveau les opinions des deux partis qui ont discuté ensemble, en annulant son propre avis et son jugement. Non, j'ai toujours eu une opinion arrêtée dans ce débat, et je me souciai peu de la cacher. Mais l'impartialité consiste à faire connaître parmi les arguments de ses adversaires ceux qu'ils ont cru être les plus puissants et les plus décisifs en faveur de leur opinion. C'est ce que je me suis efforcé de faire. Le nombre considérable des citations que j'ai introduites dans cette histoire est un gage de cette impartialité dont on trouvera, j'espère, les preuves lorsqu'on pourra lire l'ensemble du travail.

I

(1796 à 1827)

Si durant les années qui précèdent le siècle où nous sommes, il y eut des idées saines sur certains points de l'histoire de la terre, si quelques savants à l'esprit juste et clairvoyant firent des conquêtes réelles et solides sur l'inconnu qui les entourait ; il y avait dans la science bon nombre de points qui étaient obscurs et sur lesquels nous sommes surpris de voir des hommes éminents plongés dans une grande incertitude. L'histoire des combustibles fossiles nous en offre une preuve : Hauy, le célèbre Hauy, [1] et Playfair [2], dont les noms ont laissé de

fié leur manière de voir. On en trouve dans les deux partis, et il est trop évident que les profondes convictions sont trop respectables pour qu'il soit nécessaire d'en parler.

[1] *Journal des Mines*, 1796-1797, t. V.

[2] En 1802, Hutton traduit par Basset, p. 58.

grandes traces dans la science, regardaient l'anthracite comme ayant été formée antérieurement aux animaux et aux végétaux. Cependant de Saussure, en 1796, en avait parlé d'une manière qui ne laisse pas de doutes sur l'origine végétale qu'il lui attribuait[1]. Brochant de Villiers nous apprend que Dolomieu[2] disait que l'anthracite « se trouvait en couches ou en filons dans des schistes micacés qu'il regardait comme primitifs. »

En 1800, Bertrand décide, après mûr examen, que l'anthracite est un minéral. Mais, en 1803, Héricart de Thury prouve qu'elle a été formée par la destruction des êtres organisés. Puis elle fut classée par Brochant de Villiers dans le terrain de transition, et ce savant chercha à montrer que les terrains des Alpes ne faisaient pas exception aux terrains des autres régions.

Buckland ne sut pas distinguer le terrain houiller dans les Alpes, tandis que son compatriote Bakewell reconnaissait, en 1823, le terrain houiller dans le terrain anthracifère, le terrain triasique dans les gypses et le lias dans les calcaires et les schistes à bélemnites.

II

(1828 à 1857)

On en était là lorsque M. Élie de Beaumont découvrit en 1828 la localité de Petit-Cœur, dans laquelle on voit une couche de végétaux fossiles des terrains houillers placée entre deux couches à bélemnites. Il conclut qu'il n'y a pas dans les Alpes de couches plus anciennes que celles à bélemnites, et que la formation qui renfermait

[1] *Voyages* §§ 2324, n°s 33 et suivants.

[2] *Journal des Mines*, 1808, t. XXXIII, 341.

l'association de ces animaux et des végétaux fossiles présentait une puissance d'environ 2000 mètres.

Pendant plusieurs années ces idées ne furent pas combattues, elles trouvèrent des adeptes dans MM. de la Bèche, Sternberg, Bertrand-Geslin, Montalembert, Sc. Gras, Sismonda, Hamilton. M. Voltz est le premier qui réagit contre elles en faisant comprendre que la disposition indiquée par M. Élie de Beaumont pouvait être expliquée par des contournements. Quelques années plus tard, je développais la même idée, sans avoir eu connaissance du travail de M. Voltz. M. Gueymard se joignit à ce dernier. En Angleterre, sir Ch. Lyell disait aux savants qui admettaient la contemporanéité des bélemnites et des végétaux houillers : « *Je le crois parce que c'est vous qui l'avez vu, mais si je l'eusse vu moi-même, je ne le croirais pas.* »

On discutait cette question dans toutes les sociétés savantes : à la Société géologique réunie à Grenoble en 1840 ; au congrès de Turin la même année ; à la Société géologique à Chambéry en 1844, au congrès de Gênes, etc., et pendant plusieurs années nous voyons bon nombre de savants lutter dans un cercle dont les limites n'ont été franchies que bien rarement. La découverte du riche gisement des fossiles liasiques des Encombres ne put éclairer ceux qui n'admettent pas le terrain houiller, pas plus que les déterminations des végétaux houillers si bien faites par MM. Brongniart, Bunbury et Heer. Cependant un des travaux de ce dernier fit pénétrer la persuasion dans l'esprit de Léopold de Buch, qui de ce moment crut à la présence du terrain houiller dans les Alpes.

En 1857, un savant distingué publia un premier mé-

moire sur ce sujet. M. Lory adopta l'idée de la présence du terrain houiller dans son *Esquisse géologique du Dauphiné,* qui fut suivie peu de temps après par un grand ouvrage sur le même sujet. Les savants qui refusaient d'adopter cette idée furent peu à peu conduits à ranger dans la même formation le terrain houiller, le terrain jurassique, le terrain nummulitique et même la mollasse tertiaire.

Dans cette période nous voyons beaucoup de bons travaux, mais nous ne voyons aucune observation très-décisive.

III

(1858 à 1860)

En 1858 une idée nouvelle se fait jour dans la géologie des Alpes occidentales. C'est celle de la présence de l'infra-lias et du terrain triasique. La présence de ces deux terrains créait entre le lias et le terrain houiller une séparation telle qu'on ne pouvait plus admettre qu'ils fissent partie du même terrain.

On trouva le trias à Petit-Cœur, en sorte que cette localité ne put plus être invoquée en faveur de l'union du lias et du terrain houiller, et que le champ de bataille de cette querelle singulière fut transporté en Maurienne.

IV

(1860 à 1863)

La cause de ce changement se trouve dans un mémoire de M. Sismonda, qui décrivait la Maurienne, et dans la découverte des nummulites de Montricher, faite par M. Pillet et annoncée par M. Lory. Ces fossiles ont

été rencontrés dans un terrain que M. Gras classait dans le terrain anthracifère. Il devenait alors évident que sa classification devait être modifiée. La position de ces fossiles, combinée avec celle des terrains houiller, triasique et jurassique, montrait qu'il y avait en Maurienne une succession régulière dans les terrains, lorsqu'on admettait l'idée des contournements soutenue en premier lieu par Voltz et par d'autres. On publia plusieurs mémoires sur cette question, et un grand nombre de géologues purent examiner ensemble ce pays pendant la réunion de la Société géologique de France à St-Jean de Maurienne en 1861. Cette réunion amena des résultats d'autant plus remarquables que pas un des géologues qui nient la présence du terrain houiller dans les Alpes ne s'y rendit ou ne publia de mémoire dans son sens. Les résultats obtenus ont été généralisés et étendus dans le Dauphiné et la Provence, et tous les faits étant d'accord entre eux, on ne put plus différer que sur quelques détails. Enfin, M. Heer, à qui la flore fossile de la Suisse a déjà révélé tant de secrets, publia, en 1863, une notice sur les végétaux du terrain houiller de la Suisse et de la Savoie, dans laquelle il montre que pas une seule plante du terrain houiller des Alpes ne se trouve, ni dans le lias, ni dans le trias. Un peu plus tard, il trouva avec ces végétaux un insecte fossile du terrain houiller, qui est bien sans aucun doute le plus ancien des êtres qui ait vécu en Suisse et qui soit connu maintenant.

Telle est l'histoire fort abrégée de cette singulière discussion, dont j'ai retracé les diverses phases impartialement, j'espère. N'est-il pas curieux qu'il ait fallu trente-cinq années de luttes et de plaidoyers pour éclairer un point de la géologie des Alpes. En effet, les discussions ont

été vives de 1828 à 1863. Ce fait est d'autant plus remarquable qu'avant cette époque la géologie des Alpes faisait des progrès assez semblables à celle des autres pays. Il a fallu trente-cinq ans pour ramener cette branche de la science au point où elle en était en 1827 ; mais cette conquête cependant est plus solidement établie qu'elle n'était alors, on en connaît mieux tous les détails.

Les questions relatives à l'âge des formations peuvent maintenant se résoudre dans les Alpes aussi bien que dans les contrées voisines, et l'on ne peut plus dire que la géologie des Alpes est arriérée. C'était ce qu'en 1842 un juge très-compétent avançait en disant : « que certains points de la géologie des Alpes sont encore plutôt des curiosités pour le géologue que des points de repère.... parce qu'ils présentent toujours dans leur assemblage des anomalies avec nos connaissances paléontologiques du reste de l'Europe [1]. » On ne tiendra plus maintenant le même langage.

Pendant ces trente-cinq années environ, cinquante géologues ont été engagés dans la discussion et la plupart d'entre eux ont publié plusieurs mémoires. On a vu que d'un côté étaient rangés MM Élie de Beaumont, Bertrand-Geslin, Sc. Gras, Ange Sismonda, Rozet, Collegno, Hamilton, etc. ; de l'autre côté étaient placés MM. Bakewell, Voltz, Gueymard, Horner, Murchison, Lyell, Ewald, Michelin, Léopold de Buch, Pareto, Bunbury, Schlagintweit, d'Orbigny, Albin Gras, Lory, d'Archiac, Hébert, Triger, Pillet, Vallet, de Mortillet, Baudinot, etc., ainsi que tous les géologues suisses qui se sont occupés de ce

[1] Boué, *Bull. Soc. géol. de France*, 1842, t. XII, p. 136.

sujet, savoir : MM. Studer, Escher de la Linth, Heer, Lardy, Morlot et moi.

Pourquoi tant de savants ont-ils traités cette question? C'est qu'ils n'y voyaient pas seulement la détermination plus ou moins exacte de quelques terrains. Il y avait plus que cela dans la question de Petit-Cœur et dans celle de l'âge du terrain anthracifère.

On discutait pour savoir s'il y avait dans les Alpes un terrain exceptionnel, différent de ce qui était connu dans le reste du monde, et si on était arrivé à démontrer la présence d'une formation spéciale dans ces montagnes, on aurait été disposé à admettre des formations exceptionnelles dans chacune des grandes chaînes, et on ne peut calculer quelles auraient été les conséquences d'un pareil résultat.

On discutait encore une question paléontologique d'une haute portée relative à la durée des faunes et des flores. Si elle avait reçu une solution différente de celle qui a terminé la discussion, elle aurait profondément modifié la paléontologie. En effet, s'il avait été reconnu que les végétaux houillers vivaient encore à l'époque du lias, la botanique fossile pouvait conserver de l'intérêt, mais elle ne pouvait plus servir à caractériser un terrain.

Enfin on discutait une question de stratigraphie qui avait une importance générale, celle des contournements.

Tels étaient les intérêts qui se sont débattus à Petit-Cœur, en Tarentaise et en Maurienne. On a dit que l'illustre Werner avait pensé que le monde était fait sur le modèle de la Saxe, mais ce reproche n'a pas été assez grave pour empêcher son nom d'être rangé parmi ceux

des savants les plus illustres du siècle dernier Ne serait-il pas en droit de dire que les géologues qui ne voulaient pas reconnaître la présence du terrain houiller dans les Alpes, ont pensé que cette chaîne de montagnes était faite sur le modèle de Petit-Cœur ?

SUR L'ÉVAPORATION

A TRAVERS LES MEMBRANES POREUSES

EN PARTICULIER DE LA CELLULE VÉGÉTALE

PAR

M. LE Dr W. SCHUHMACHER.

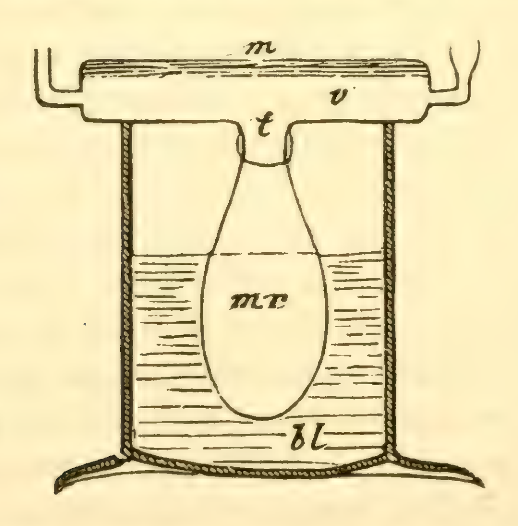
(Traduction de l'un des chapitres de son ouvrage sur la nutrition des plantes [1].)

Lorsqu'une membrane fermée de toutes parts et remplie d'une dissolution quelconque est exposée à l'air atmosphérique, elle laisse passer de la vapeur d'eau et d'autres substances volatiles, et retient les matières non volatiles. Le phénomène ne diffère en rien de celui qui a lieu lorsqne la surface libre de l'eau est en contact avec l'air: les molécules d'eau qui se trouvent dans les interstices moléculaires les plus superficiels de la membrane prennent l'état de vapeur, s'échappent, et sont remplacés par d'autres de l'intérieur. Si la membrane contient une dissolution, cette dernière pénètre dans les intervalles moléculaires, l'eau s'évapore et la dissolution plus concentrée qui en résulte s'égalise avec la moins concentrée de l'intérieur. Il se forme par conséquent un courant de la matière en dissolution, qui part des interstices molécu-

[1] *Die Ernæhrung der Pflanze*, la nutrition de la plante, par le Dr W. Schuhmacher. In-8°, Berlin, 1864.

laires, et d'autre part un courant d'eau qui se dirige du sein du liquide vers les interstices moléculaires de la membrane. La rapidité de l'évaporation varie suivant les circonstances. Je l'ai examinée, à l'aide d'un appareil particulier construit dans ce but, pour la même membrane, à la même température, sous des pressions hydrostatique et atmosphérique autant que possible égales, et j'ai déterminé la quantité d'eau évaporée dans des temps égaux. J'ai trouvé généralement que la rapidité de l'évaporation des dissolutions de la même substance est d'autant plus grande que la dissolution est moins concentrée. La rapidité de l'évaporation par un tube membraneux dans lequel on ne remplace pas l'eau évaporée diminue de plus en plus, à mesure que la dissolution se concentre.

L'appareil qui m'a servi dans ces expériences se compose (voir la figure), d'un vase *v*, en fer blanc, fermé à



sa partie supérieure par une membrane de collodion *m*, muni aux extrémités, d'un côté d'un entonnoir, de l'autre d'un tube, pour laisser échapper l'air pendant

qu'on le remplit. On les ferme par des bouchons quand le vase est plein. A la partie inférieure se trouve une tubulure *t*, à laquelle on fixe un tube membraneux, *mr*. Cet appareil à évaporation repose sur un bocal *bl* dans lequel pend le tube membraneux.

Le vase *v* et le tube membraneux *mr* sont remplis d'une dissolution saline et ce dernier, plongeant dans la dissolution du bocal, absorbe de l'eau, tandis que la membrane *m* laisse passer de la vapeur d'eau.

1° Si le bocal et l'appareil à vaporisation renferment l'un et l'autre une dissolution saline de même concentration, l'eau se vaporise à travers la membrane *m*, la dissolution dans le tube membraneux devient plus concentrée et attire de l'eau du bocal ; a son tour, par cette perte d'eau, la dissolution dans le bocal se concentre aussi, d'où il résulte une certaine quantité de sel diffuse avec l'eau dans le tube membraneux. La dissolution du bocal peut de cette manière passer en totalité dans le tube.

2° Il n'en est plus de même si goutte à goutte on rend à la dissolution du bocal l'eau qui lui est enlevée par la vaporisation à travers la membrane *m*. Pendant cette opération il faut avoir soin de mélanger la dissolution dans le bocal en l'agitant avec le tube membraneux, parce que la diffusion seule ne produit pas aussi vite qu'il est nécessaire une égale distribution de l'eau. Après l'évaporation de plusieurs grammes d'eau par la membrane, les dissolutions dans l'appareil et dans le bocal n'ont éprouvé aucun changement, pourvu qu'en commençant elles aient eu la même concentration. Pendant tout le temps que dure l'expérience, l'état reste le même ; toutefois la concentration est plutôt légèrement plus grande dans le tube qu'en dehors. Le courant de

vaporisation qui amène de l'eau dans l'appareil à travers la membrane poreuse n'entraîne point de sel dans le tube.

3° Si l'on remplit l'appareil à vaporisation avec une dissolution d'albumine qui renferme 1 gramme de carbonate potassique sur 100 C C., tandis que l'on introduit dans le bocal une dissolution de carbonate potassique de la même concentration (1 gr. sur 100 C C.) ; si ensuite on ne plonge le tube membraneux dans la dissolution du bocal que de la quantité nécessaire pour que la membrane ne soit pas trop tendue, et si l'on remplace à mesure dans le bocal l'eau qui s'évapore par la membrane *m*, il n'y aura aussi dans ce cas qu'un courant d'eau du bocal dans le tube membraneux et les deux dissolutions de carbonate potassique conserveront sensiblement la même concentration. Mais dès qu'on ne remplace pas l'eau qui s'évapore par la membrane *m*, la dissolution extérieure ne tarde pas à pénétrer dans le tube membraneux et la concentration augmente dans ce dernier, parce que l'eau continue à s'évaporer, tandis que le sel y reste.

4° Lorsqu'on introduit dans l'appareil à vaporisation une dissolution d'albumine, et dans le bocal une dissolution de carbonate potassique renfermant 1 pour 100 de ce dernier, et qu'on laisse entrer dans le bocal autant d'eau qu'il s'en évapore par la membrane, on trouvera au bout de quelques jours dans l'appareil perméable et dans le bocal des dissolutions de même concentration à l'égard du carbonate potassique ; l'albumine attire de l'extérieur de l'eau, qui s'évapore à son tour à travers *m*, le carbonate potassique pénètre avec l'eau dans la dissolution d'albumine jusqu'à ce que la concentration se soit équilibrée dans le tube et dans le bocal.

5° Quand on cesse de remplacer l'eau qui s'évapore, le sel pénètre encore dans le tube ; mais en arrêtant l'expérience avant que toute la dissolution ait passé du bocal dans le tube, on trouvera que la quantité de l'eau évaporée et celle du sel qui a pénétré dans l'appareil ne présentent pas la même proportion que l'eau et le sel de la dissolution extérieure. Il résulte de cela que l'eau et le sel de la dissolution du bocal ne traversent pas la membranes dans la même proportion, ce qui signifie que la dissolution ne pénètre pas de toute pièce. La cause de l'entrée de l'eau dans l'appareil réside dans l'albumine et dans l'évaporation, celle de l'endosmose du sel est la tendance du sel à se mettre en équilibre, c'est-à-dire à se distribuer également dans toute la masse liquide de l'appareil et du bocal. Si l'on introduit dans le bocal une dissolution qui renferme plusieurs sels, les phénomènes sont exactement les mêmes que lorsqu'il ne s'agit que d'un seul sel.

Ces expériences sont pour la physiologie de la plus haute importance ; elles constituent la preuve fondamentale de l'inexactitude de l'idée que l'on se faisait jusqu'à présent de l'introduction des matières nutritives solubles dans la plante. L'appareil qui a été reproduit représente une plante simple, cela va sans dire, seulement au point de vue des phénomènes de diffusion, savoir : une surface perméable qui évapore — la feuille — et une membrane perméable plongeant dans un liquide — la racine. Cette théorie de l'introduction des matières nutritives prouve que, par suite de l'évaporation de l'eau par les feuilles, il se produit dans la racine un courant d'eau partant du liquide qui l'entoure, que ce courant se dirige par les cellules du végétal dans les feuilles, et en-

traîne avec lui les matières dissoutes. Les expériences que nous avons décrites donnent une image très-exacte de cette circulation. Elles montrent également la relation qui existe entre l'évaporation par les feuilles et le liquide qui baigne la racine. L'évaporation détermine surtout l'introduction de l'eau dans la plante, mais en même temps aussi l'endosmose des matières dissoutes, lorsqu'elle a amené une concentration du liquide extérieur (expérience 5) ; toutefois ce n'est pas le courant endosmique de l'eau produit par l'évaporation qui introduit les matières dissoutes dans la plante, mais la tendance de la dissolution extérieure plus concentrée à s'égaliser, quant à la concentration, avec la dissolution moins concentée dans la racine. On a comparé à plusieurs reprises les phénomènes d'évaporation, et Liebig même tout dernièrement, avec ceux que présente un tube, fermé aux deux extrémités par une membrane perméable, rempli d'une dissolution d'albumine et plongeant par un bout dans une dissolution saline, tandis que par l'autre il évapore. Les phénomènes sont tout différents dans un tube de cette nature de ce qu'ils sont dans la plante. En effet, lorsque l'eau s'évapore par la membrane supérieure du tube, il se produit un vide dans ce dernier, d'où il résulte que la pression atmosphérique qui s'exerce sur le liquide extérieur force une certaine quantité de ce liquide à pénétrer et cela de toute pièce dans le tube. Considérer le corps végétal comme un tube rigide est absolument contraire aux notions de la physiologie ; les choses ne se passent pas dans la plante comme dans un tube, puisque les cellules, particulièrement des feuilles, sont douées d'une si grande mollesse que si l'eau qui s'évapore de leur surface n'est pas remplacée d'une autre

manière que par la pression hydrostatique, il en résulte un affaissement, c'est-à-dire qu'elles se flétrissent. A ce point de vue, mon appareil représente parfaitement la plante, puisque les phénomènes de flétrissure peuvent se produire sur la membrane mince et flexible du tube *mr* : ainsi, par exemple lorsqu'on n'introduit ni eau ni une solution quelconque dans le bocal extérieur, l'évaporation par la membrane *m* occasionne la flétrissure du tube membraneux *mr*, dans la supposition que l'appareil à évaporation ferme hermétiquement et soit rempli d'une dissolution concentrée d'albumine.

La comparaison inexacte de la plante avec un tube rigide a de toutes façons conduit à une appréciation fausse de l'introduction des matières nutritives dans la plante.

Quand l'appareil à vaporisation est rempli d'une dissolution d'une substance peu soluble, et qu'on laisse évaporer l'eau à travers la membrane *m* et le tube membraneux *mr*, à mesure que la concentration à l'intérieur augmentera, il se déposera des cristaux sur la surface extérieure de la membrane et plus tard aussi sur la surface intérieure.

Des huiles essentielles que l'on aurait introduites dans l'appareil se volatiliseraient aussi, traverseraient les membranes perméables et se déposeraient probablement en résine à la surface extérieure.

Il nous reste à mentionner un phénomène produit par l'évaporation de l'eau et qui joue un rôle très-important dans la vie de la plante.

M. Schœnbein a trouvé que toute évaporation engendre du nitrite d'ammoniaque ; l'eau qui s'évapore sur une lame de verre en produit, tout aussi bien que si elle s'évapore d'un morceau de toile ou d'un morceau de

papier. Si l'on remplissait d'eau l'appareil décrit ci-dessus, qu'on plongeât le tube membraneux dans de l'eau distillée, et qu'on laissât l'appareil évaporer pendant plusieurs mois, en remplaçant à mesure l'eau disparue dans le bocal, on trouverait peut-être du nitrite d'ammoniaque dans l'eau du tube, car on ne peut douter que l'évaporation de l'eau à la surface de la membrane *m* ne donne aussi naissance à ce sel, qui de là pénétrerait dans l'eau de l'appareil. Pour ces expériences il faudrait naturellement enlever d'abord, par des lavages à l'eau, l'alcool et l'éther que les membranes de collodion pourraient retenir.

QUELQUES CONSIDÉRATIONS SUR LES

COURANTS ÉLECTRIQUES TERRESTRES

PRÉSENTÉES A LA SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES DANS SA SESSION DE 1864 A ZURICH

PAR

M. A. DE LA RIVE[1].

J'avais essayé au commencement de 1849, dans une lettre adressée à M. Arago et insérée dans les *Annales de Chimie et de Physique* (mars 1849), de montrer l'influence sur les variations des éléments du magnétisme terrestre et sur la production des aurores boréales, de l'électricité qui, sous forme de décharges ou de courants, doit circuler constamment sur la surface de la terre. La même année, M. Barlow, en Angleterre, constatait, au moyen des lignes télégraphiques, l'existence de ces courants; plus tard, M. Lamont, à Munich, en faisait une étude détaillée, et dernièrement le Père Secchi, à Rome, a pu, au moyen d'observations nombreuses et suivies avec une grande persévérance, en déterminer les lois.

[1] Ces considérations ont été présentées à l'appui de la proposition qu'avait faite leur auteur à la Société helvétique des Sciences naturelles, d'ajouter aux observations météorologiques qui se font sous la direction de cette Société, celles des courants électriques terrestres. (A. D.)

En même temps, plusieurs observateurs, Matteucci à Pise, Walker en Angleterre, Loomis en Amérique, les directeurs des télégraphes électriques en France, et plus particulièrement M. Hipp en Suisse, reconnaissaient la présence de forts courants électriques dans les fils télégraphiques pendant l'apparition des aurores boréales. A partir de ma première publication de 1849, je m'étais spécialement attaché à l'étude de ce dernier phénomène ; et je crois avoir réussi à bien établir et définir, dans les travaux successifs que j'ai faits sur ce sujet, le véritable rôle que l'électricité terrestre y joue.

S'il est facile d'expliquer uniquement par l'action de l'électricité terrestre (et par là j'entends l'électricité qui circule dans notre atmosphère, aussi bien que celle qui circule sur la terre elle-même) la production des aurores polaires et les perturbations magnétiques qui les accompagnent, je n'estime pas qu'il soit possible de rendre compte, au moyen de cette électricité, de tous les phénomènes du magnétisme terrestre. Non-seulement l'origine même de ce magnétisme ne peut être attribuée à cette cause, trop faible pour déterminer un pareil effet et incapable par son mode d'action de le produire sous la forme qu'il revêt ; mais il y a aussi dans les variations que manifestent les éléments magnétiques du globe, des phénomènes qui nous montrent qu'elles ne peuvent dépendre uniquement et exclusivement de l'action des courants terrestres. Déterminer, au moyen d'observations régulières, la part de cette action, ce serait avancer notablement la solution de la question, puisque cette détermination permettrait ainsi de découvrir la part de l'autre cause qui doit nécessairement exister.

Un point remarquable à noter, c'est que trois des sa-

vants qui se sont le plus occupés du magnétisme terrestre, MM. Bravais, Lamont et surtout M. Sabine, sont arrivés, chacun de leur côté, à conclure, de tout l'ensemble de leurs observations, que les variations magnétiques régulières consistent en deux variations périodiques superposées l'une à l'autre, ayant des lois extrêmement dissemblables et probablement des causes immédiates différentes ; que, de plus, ces deux éléments constituants de la variation présentent des rapports très-différents l'un vis-à-vis de l'autre dans les diverses parties du globe, et que c'est surtout dans les régions les plus rapprochées des pôles que se fait sentir l'influence sur les variations régulières, de celui des éléments auquel sont dues les perturbations.

Cet élément est évidemment l'électricité terrestre dont les effets plus variables doivent être surtout sensibles dans les régions polaires. L'autre ne peut être que l'action directe du soleil, plus puissante à l'équateur qu'aux pôles. M. Bravais désigne, en effet, les deux genres d'action sous le nom d'*ondes*, dont l'une variable serait une *onde polaire*, et l'autre constante une *onde équatoriale*; la première ayant une intensité décroissante et l'autre une intensité croissante du pôle à l'équateur.

L'existence d'une action directe du soleil nous paraît résulter avec évidence de la discussion approfondie des observations magnétiques faites sur tous les points de la surface du globe; nous n'en citerons que deux preuves. Comment expliquer autrement le fait si important observé par M. Sabine, que, à Toronto et à Hobart-Town, c'est à la même époque de l'année, savoir dans l'intervalle compris entre octobre et février, qui est l'hiver pour Toronto, et l'été pour Hobart-Town, que l'intensité

du magnétisme est à son maximum, tandis qu'elle est à son minimum à ces deux mêmes stations en même temps, dans l'intervalle compris entre avril et août qui est l'été pour la première et l'hiver pour la seconde. Ainsi, il se trouve que la partie de l'année où la force magnétique est la plus grande dans les deux hémisphères également, correspond au périgée, c'est-à-dire à l'époque où la terre est le plus rapprochée du soleil, et celle où elle est la plus faible, à l'apogée, c'est-à-dire à l'époque où elle en est le plus éloignée. N'est-ce pas dire que cette force émane directement du soleil?

Nous en trouvons une seconde preuve dans la coïncidence de l'époque décennale des variations magnétiques découverte par M. Lamont, et la période décennale des taches du soleil signalée par M. Schwabe; cette coïncidence, confirmée par les travaux nombreux de M. Sabine, ainsi que par les recherches de M. Wolf et de M. Gautier, montre l'influence de l'état de la surface du soleil sur les phénomènes du magnétisme terrestre.

Le soleil semble donner à notre globe, par son action directe, les propriétés d'un gros aimant; il agit plus ou moins fortement suivant sa distance à la terre et suivant l'état de sa surface. Voilà un fait qui me paraît certain. Mais quel est son mode d'action? Il est probable qu'il est lié à la rotation de la terre sur son axe, rotation qui déterminerait, soit par l'action calorifique du soleil, soit par un autre genre d'action inconnu, des courants dirigés de l'est à l'ouest dans les couches les plus conductrices de la croûte terrestre. L'existence de ces courants, qui doivent varier en intensité et en position, dans certaines limites, avec le temps et avec les lieux, suivant des circonstances faciles à comprendre, expliquerait très-

bien, ainsi qu'Ampère l'a démontré, tous les phénomènes généraux de direction et d'intensité du magnétisme terrestre.

Telle serait donc cette première cause, origine même du magnétisme terrestre, que nous avons signalée il y a un instant. Quant à la seconde, plus inconstante, à laquelle sont essentiellement dues les perturbations, tout nous prouve qu'elle provient du jeu de l'électricité terrestre.

Considérons, en effet, un instant ce que l'observation nous apprend sur l'état électrique du globe terrestre. Dans l'état normal, l'atmosphère possède une charge d'électricité positive croissante avec la hauteur ; la terre, par contre, est chargée à sa surface d'électricité négative. Sans nous occuper pour le moment de l'origine de ces deux électricités, nous remarquerons seulement que l'électricité positive part essentiellement des mers tropicales, ayant pour véhicules les vapeurs aqueuses qui la portent dans les régions supérieures de l'atmosphère, et de là par l'effet des vents alisés vers les régions polaires; l'électricité négative, de son côté, reste dans le sol. Maintenant, il est évident que la cause quelconque qui sépare ces deux électricités agissant toujours, elles doivent aussi tendre constamment à se neutraliser ; neutralisation qui s'opère, soit verticalement par des décharges accidentelles et irrégulières entre le sol et l'atmosphère, soit constamment et régulièrement par des décharges qui ont lieu dans les régions polaires, où la couche atmosphérique positive est beaucoup plus rapprochée de la surface du sol négatif; rapprochement qui tient à la direction inclinée des vents alisés de l'équateur aux pôles. Ajoutons que la couche atmosphérique la plus rap-

prochée du sol doit jouer le rôle de la couche isolante d'un condensateur dont les deux plateaux condenseurs seraient d'une part le sol négatif, d'autre part les couches positives de la partie supérieure et raréfiée de l'atmosphère. Il est vrai que cette couche isolante devenant quelquefois, par l'effet de l'humidité, plus ou moins conductrice, permet alors, comme nous l'avons remarqué, une neutralisation directe des électricités ; neutralisation qui n'a lieu d'une manière normale que dans les régions polaires où la tension électrique et l'humidité sont constamment à leur maximum.

Passons maintenant aux observations.

Les premières que nous signalerons, parce qu'elles ont un caractère tout spécial, sont celles de M. Matteucci, qui est parvenu à constater, au moyen d'un galvanomètre très-sensible, la présence d'un courant électrique circulant constamment dans un fil télégraphique réunissant deux plaques métalliques plongées dans le sol à une distance de six kilomètres seulement; les précautions les plus minutieuses avaient été prises par l'observateur pour éviter toute action chimique sur les deux électrodes et pour s'assurer du parfait isolement des fils. Les observations ont été faites dans deux directions ; l'une était celle du méridien magnétique, l'autre une ligne perpendiculaire à ce méridien. Les électrodes plongées dans le sol, sur la ligne méridienne, ont donné un courant beaucoup plus constant que celles qui étaient placées sur la ligne équatoriale ; avec ces dernières, le courant était souvent nul ou était dirigé tantôt dans un sens, tantôt dans un autre; avec les premières, le courant était presque toujours dirigé du sud au nord et présentait des variations d'inten-

sité assez régulières, ayant deux maxima et deux minima dans les vingt-quatre heures [1].

La petite distance comprise entre les électrodes jointe à la grande résistance du fil galvanométrique nous porte à croire que les courants observés dans le méridien magnétique par M. Matteucci, ne sont point des courants dérivés du grand courant terrestre, d'autant plus que leur sens est contraire à celui de ce grand courant. Ils seraient plutôt, de même que les courants observés dans une direction perpendiculaire, l'effet de circonstances liées à l'humidité et à la température du sol et de l'air ; éléments variables dans les 24 heures. Nous allons voir dans l'instant que les véritables courants dérivés du grand courant terrestre ont une direction et des caractères tout différents.

M. Matteucci a observé également des courants très-prononcés dans un fil qui réunit deux stations situées à des niveaux différents. Ces observations faites d'abord en même temps que les premières, sur une petite distance également, 600 mètres seulement avec 150 mètres de différence de niveau, ont été reprises plus tard par le savant physicien italien sur une beaucoup plus grande échelle [2]. Une première série d'expériences a été faite sur une ligne télégraphique longue de 36 kilomètres avec une différence de niveau entre les extrémités, de 281 mètres. Dans une autre série la ligne était longue de 27 kilomètres et la différence de niveau était de 642 mètres.

[1] Voyez *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, mai 1864, p. 912.

[2] *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, septembre 1864, p. 511.

Les courants électriques obtenus dans ces longues lignes ont donné des déviations fixes au galvanomètre beaucoup plus fortes (c'est-à-dire de 40, 60 et même 80 degrés) que celles de 20 à 25 degrés seulement, produites par les courants observés près de Turin sur la longueur de 600 mètres. Mais le sens des courants a été le même dans tous les cas, c'est-à-dire qu'il était *ascendant*, soit dirigé de bas en haut.

Il est difficile de donner une explication bien satisfaisante de l'origine de ces courants qui sont dans une certaine dépendance de l'électricité atmosphérique; car M. Matteucci a observé que leur intensité augmente dès qu'il y a des éclairs qui éclatent parmi les nuages. Il est évident que leur existence tient à ce que l'électricité négative du sol doit avoir une tension plus grande sur un lieu élevé que dans la plaine. Cette différence de tension peut donner naissance à un courant d'électricité négative *descendant*, ou, ce qui revient au même, à un courant d'électricité positive *ascendant*, si l'équilibre est troublé par l'influence de l'électricité atmosphérique, comme cela arrive nécessairement à chaque instant. Il nous paraît difficile d'attribuer aux courants observés par M. Matteucci une autre origine que celle que nous venons d'indiquer; lui-même reconnaît qu'ils ne peuvent être ni des courants dérivés, ni des courants d'induction.

Il n'en est pas de même de ceux dont le Père Secchi a constaté la présence dans des fils télégraphiques beaucoup plus longs et dans de tout autres circonstances [1]. Pendant plus d'une année, il a observé plusieurs fois par

[1] *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, du 27 juin 1864, p. 1181.

jour les courants circulant dans un fil télégraphique dirigé de Rome à Anzio, c'est-à-dire du nord au sud, sur une longueur de 52 kilomètres, et qui est la ligne même qui sert à l'Observatoire romain. Il a pu comparer les variations de ce courant terrestre méridien à celles des divers éléments du magnétisme terrestre et de l'électricité atmosphérique. Il a trouvé dans l'intensité de ce courant une période diurne très-marquée, ayant son minimum principal le matin, entre 7 et 9 heures, et son maximum près de midi, périodes parfaitement d'accord avec celles du déclinomètre et du magnétomètre bifilaire; ce qui montre que la composante horizontale du magnétisme terrestre suit dans ses variations d'intensité les mêmes phases que le courant méridien terrestre. Le sens général du courant, sauf quelques perturbations, est celui du nord au sud, preuve à ajouter à bien d'autres que le courant observé par le Père Secchi est une dérivation du grand courant terrestre auquel donne naissance la neutralisation s'opérant régulièrement près des pôles, de l'électricité négative de la terre et de la positive de l'atmosphère. Quant à ses variations diurnes d'intensité qui correspondent à celles de l'électricité atmosphérique, elles doivent tenir à quelque influence indirecte du soleil, telle, par exemple, qu'un degré plus ou moins grand d'humidité dans l'atmosphère. Et, en effet, suivant Reslhuber, la grandeur de la variation diurne de la déclinaison magnétique pendant tous les mois de l'année est la plus petite à l'époque du maximum d'humidité et la plus grande lors du minimum d'humidité.

En même temps que le Père Secchi observait les courants électriques sur la ligne méridienne, M. Jacobini, inspecteur des télégraphes romains, faisait, sur sa de-

mande, des observations semblables entre Rome et Ascoli, station placée sur les montagnes, à l'est de Rome et à 58 kilomètres de distance; la direction de cette ligne se trouve normale à celle du méridien magnétique. M. Jacobini a constaté l'existence d'un courant équatorial dont les variations sembleraient être inverses de celles du courant méridien; mais il présenterait, soit dans son intensité, soit dans sa direction, de nombreuses perturbations qui seraient un signe très-marqué de mauvais temps et de la présence de bourrasques dans les lieux environnants; confirmation de la connexion déjà établie depuis longtemps par le Père Secchi entre les bourrasques et les perturbations magnétiques. Ce courant équatorial nous paraît devoir être attribué à la neutralisation directe de l'électricité terrestre et de l'électricité atmosphérique, réunion facilitée par la différence de niveau des deux stations; on comprend dès lors sa liaison avec les changements de temps.

Cette dernière espèce de courants serait donc de même nature que les courants observés par M. Matteucci entre deux stations situées à des niveaux différents. Quant aux courants observés par le Père Secchi dans la direction du nord au sud, il suffit, pour voir qu'ils diffèrent totalement de ceux étudiés par M. Matteucci, de remarquer que non-seulement ils sont dirigés en sens inverse, mais qu'en outre les moments de leurs minima et de leurs maxima sont opposés.

Indépendamment des perturbations qui proviennent de causes locales et qui accompagnent les orages et les bourrasques, il en est de bien plus importantes et qui se rattachent à une cause générale. Ce sont celles qui résultent des décharges extraordinaires qui ont lieu dans les ré-

gions polaires. J'ai essayé de montrer, dans ma théorie de l'aurore boréale, qu'il arrive nécessairement des moments où les électricités accumulées dans le voisinage des pôles, négative sur la terre, positive dans l'atmosphère, acquièrent un degré de tension tel qu'elles se neutralisent au moyen d'une ou plusieurs décharges d'une intensité exceptionnelle et accompagnées d'une production de lumière qui constitue l'aurore polaire. Les neutralisations accidentelles dont il s'agit doivent avoir lieu à peu près simultanément aux deux pôles, vu la parfaite conductibilité du globe terrestre et celle non moins grande des couches supérieures de l'atmosphère.

Ces décharges exceptionnelles exercent nécessairement de grandes perturbations sur le courant normal dirigé des pôles à l'équateur et qui résulte de la succession non interrompue des petites décharges régulières qui ont lieu dans les régions polaires. C'est ce que plusieurs observateurs ont constaté en enregistrant les déviations d'un galvanomètre placé dans le circuit d'un fil télégraphique pendant l'apparition d'une aurore polaire. Les changements qu'éprouve le sens du courant tiennent à ce que ces décharges accidentelles s'opèrent tantôt à l'un des pôles terrestres, tantôt à l'autre, et rarement exactement au même instant à tous les deux ; on peut expliquer ainsi les oscillations des appareils magnétiques qui subissent l'influence de ces décharges variables en direction aussi bien qu'en intensité.

Cette manière d'envisager le phénomène est parfaitement d'accord avec les résultats des observations, notamment de celles de M. Sabine, qui constatent l'existence presque simultanée des perturbations dans toutes les parties du globe. Ainsi, par exemple, en 1843, 1844

et 1845, les observations troublées ont eu lieu non-seulement en même nombre, mais presque toutes aux mêmes jours, aux deux stations opposées de Toronto et de Hobart-Town. J'ai eu l'occasion déjà de faire remarquer ailleurs la coïncidence dans les apparitions des aurores australes et boréales qui tient à la même cause.

M. Balfour-Stewart, qui s'est dernièrement occupé avec beaucoup de soin des perturbations magnétiques qu'il enregistre à Kew, au moyen de procédés photographiques, a bien reconnu leur coïncidence avec les perturbations des courants terrestres, mais il serait disposé à rattacher ces divers effets concomitants à une cause plus générale que celle qui les fait dépendre les uns des autres, savoir à une espèce d'effet d'induction exercé par le soleil sur notre globe, induction qui à la fois en modifierait son magnétisme et déterminerait des courants électriques sur sa surface. M. Airy, qui a fait également une étude remarquable, à Greenwich, des perturbations magnétiques enregistrées aussi photographiquement, arrive à conclure qu'elles ne sont pas toujours simultanées dans les divers appareils magnétiques, en particulier dans le déclinomètre et dans le magnétomètre bifilaire. Aussi il ne serait pas éloigné d'admettre l'existence d'un éther magnétique dans lequel, sous l'influence solaire, se formerait un courant analogue à ce que sont les vents alisés dans notre atmosphère et susceptible comme eux de perturbations qui se manifesteraient par leur action sur les appareils magnétiques. M. Airy ne s'occupe pas des courants électriques terrestres.

M. Lloyd et M. Lamont seraient, par contre, disposés à attribuer toutes ces variations magnétiques à des ondes électriques terrestres provenant de changements d'équi-

libre dans l'état électrique statique du sol et de l'atmosphère; changements que M. Lloyd regarderait comme un simple effet de la chaleur solaire, tandis que M. Lamont les considérerait comme provenant d'une force électrique émanant directement du soleil.

Cependant, plus j'ai étudié de près les nombreux résultats des observations magnétiques recueillies par tant de savants distingués, en particulier ceux que M. Airy vient de faire connaître tout récemment, plus je me suis convaincu de la vérité du principe que j'ai posé dans mon *Traité de l'électricité* et que j'ai rappelé il y a un instant, c'est que tous les effets du magnétisme terrestre sont dus à deux causes parfaitement distinctes l'une, qui est l'origine même du magnétisme terrestre, savoir l'action directe du soleil; l'autre modifiant l'effet de la première par l'action de courants ou décharges électriques dont l'existence est la conséquence de la présence des deux électricités sur notre globe.

La première de ces causes, bien plus énergique et bien plus constante que la seconde, ne serait soumise qu'à des variations d'intensité provenant de la position variable de la terre par rapport au soleil et de changements dans la surface même de cet astre. La direction imprimée par cette force au magnétisme terrestre pourrait bien à la longue éprouver des variations par suite de modifications survenant dans la constitution physique de l'intérieur du globe; modifications qui, en altérant la conductibilité des couches terrestres, influeraient sur la direction de la route que suivraient les courants d'induction développés autour de la terre par l'action du soleil; on trouverait là une explication naturelle des variations séculaires des éléments du magnétisme terrestre.

La seconde cause, par contre, beaucoup plus variable que la première, serait celle qui déterminerait essentiellement les variations que manifestent à chaque instant dans leurs indications tous les appareils destinés à l'appréciation de l'état magnétique du globe. Il est vrai que les variations d'intensité de la cause principale pourraient aussi avoir une part dans la production des variations régulières de la direction, mais les courants terrestres demeureraient la cause unique des perturbations. Ces perturbations, soit dans les courants perçus par les fils télégraphiques, soit dans les divers appareils magnétiques, sont presque toujours simultanées. Il y aurait, d'après M. Airy, une exception pour le magnétomètre de force verticale ; ainsi, tandis que le nombre des perturbations occasionnées par les orages magnétiques, au nombre de 177, est sensiblement le même pour le déclinomètre et le magnétomètre bifilaire, il n'est que la moitié pour le vertical. Il est facile de voir que, tandis que les deux premiers instruments doivent éprouver l'influence de toutes les décharges, quelles que soient leur direction et leur intensité, il y a nécessairement des décharges dont la direction et l'intensité sont telles qu'elles peuvent être sans action sur le troisième.

Ainsi donc, pour nous résumer, il nous semble qu'il serait important pour l'avancement de la physique du globe, de pouvoir ajouter aux résultats fournis par les instruments magnétiques, qui sont nécessairement complexes, puisqu'ils dépendent à la fois des deux causes qui jouent un rôle dans les phénomènes du magnétisme terrestre, des observations ayant pour objet l'étude seulement de l'une des causes. Or, la cause principale, celle qui dépend de l'action directe du soleil, ne semble pas

susceptible d'être isolée, car en supposant que ce soit bien par la production de courants d'induction qu'elle agisse, ce qui n'est même encore qu'une hypothèse, il serait difficile, pour ne pas dire impossible, de plonger des sondes de manière à atteindre les couches terrestres situées probablement à de grandes profondeurs, dans lesquelles circulent ces courants, afin d'en dériver une partie. Il n'en est pas de même des courants nécessairement superficiels dus à la neutralisation des électricités terrestre et atmosphérique, qui constituent pour nous, la seconde cause.

Nous avons vu qu'il est facile de les percevoir au moyen de dérivations, en plongeant dans le sol à des distances plus ou moins grandes des plaques conductrices unies par des fils télégraphiques dans le circuit desquels sont placés des galvanomètres. Sans doute, il y a un choix à faire dans la direction à donner aux lignes aux extrémités desquelles ces sondes doivent être placées. La direction la plus importante est évidemment celle du méridien magnétique, mais il serait précieux de pouvoir en ajouter à cette direction deux autres, l'une perpendiculaire à la première, l'autre caractérisée surtout par une grande différence de niveau entre ses deux extrémités. Car il faudrait, autant que possible, que les extrémités de chacune des deux directions, méridienne et équatoriale, fussent sur le même niveau.

Je suis convaincu que des observations suivies avec soin sur trois lignes établies de la manière que je viens d'indiquer, avec un parcours de 50 à 100 kilomètres, pourraient conduire à des résultats nouveaux et intéressants sur le rôle de l'électricité dans les phénomènes météorologiques, en même temps qu'elles contribueraient

puissamment à faire avancer l'étude du magnétisme terrestre.

L'industrie doit à la science bien des applications utiles, et parmi ces applications, certainement, la découverte du télégraphe électrique est une des plus importantes. La science se montrera-t-elle trop exigeante si elle demande à son tour à l'industrie de contribuer à son progrès en mettant à sa disposition un ou deux de ces nombreux fils télégraphiques par lesquels elle établit maintenant une communication instantanée entre toutes les parties du monde? Je ne le pense pas; aussi, je puis espérer que, soit en Suisse, soit dans d'autres pays, on pourra instituer, comme on l'a fait à Rome, des observations régulières sur les courants électriques terrestres, faites au moyen de fils télégraphiques mis par les gouvernements à la disposition des observateurs.

Remarques additionnelles à l'article qui précède, tirées d'une lettre du Père Secchi à M. le prof. de la Rive.

Ayant adressé au Père Secchi quelques demandes de renseignements sur le sujet des courants électriques terrestres et sur la meilleure manière de les observer, j'ai reçu du savant astronome romain une réponse qui contient des détails intéressants que je me permets de publier, avec son autorisation, à la suite de mon travail, en me bornant à ceux qui touchent à la question générale.

A l'occasion de la longueur des circuits, soit de la distance à laquelle il faut placer l'une par rapport à l'autre les deux électrodes auxquelles aboutissent les extrémités du fil, le Père Secchi estime que cette distance doit être

de 40 kilomètres au moins et de 60, si c'est possible, ce qui est bien plus que suffisant. Il remarque, avec raison, que plus les circuits sont longs, moins ils sont sujets à des influences particulières et locales. Il est disposé à croire que, dans une région montueuse comme la Suisse, on doit trouver d'assez grandes irrégularités dans les courants et il cite, à l'appui de sa remarque, l'observation de M. Jacobini, inspecteur des télégraphes à Rome, qui, en étudiant les courants des lignes qui vont aux montagnes, les trouve très-variables. Il a même observé dernièrement un fait curieux, savoir : que des lignes dirigées des montagnes vers la mer, qui n'avaient donné longtemps que des courants très-faibles, ont tout à coup amené des courants beaucoup plus forts, sans qu'il y ait absolument rien eu de changé dans les plaques servant d'électrodes ni dans le système des fils.

Le Père Secchi insiste, comme je l'ai fait, sur l'importance d'avoir les électrodes placées au même niveau pour éviter l'influence de l'action directe de l'atmosphère ; mais il estime qu'il serait très-intéressant de profiter de la configuration particulière de la Suisse pour étudier l'influence de la hauteur, en ayant soin, ce qui pourrait éclaircir bien des points douteux, de faire simultanément, avec l'observation des courants, celle de l'état du ciel et de l'atmosphère dans les deux stations où se trouveraient les électrodes ; l'état du ciel étant un élément important dans la question. Il serait important, quand on observe les courants dans les deux directions du méridien et de l'équateur magnétique, que non-seulement les extrémités des lignes fussent au même niveau, mais, de plus, que leur position fût, autant que possible, semblable par rapport à quelque grand centre d'action météorologique, tel que sont communément les grandes montagnes.

« Vous me pardonnerez, dit le Père Secchi, si j'insiste autant sur l'action météorologique, mais je viens de résumer actuellement mes observations magnétiques de dix ans, et je trouve que les éléments météorologiques jouent un rôle immense dans les variations magnétiques, et comme ces variations sont en rapport avec les courants terrestres, on ne peut plus négliger cet élément si l'on veut pénétrer la cause mystérieuse du magnétisme terrestre. Pour que vous jugiez vous-même de cette influence, je vous dirai que, ayant classé toutes les *oscillations diurnes* des barreaux aimantés sous trois chefs, celles qui ont lieu avec le vent du sud, celles qui ont lieu avec le vent du nord et celles qui ont lieu avec les bourrasques pendant lesquelles tombe la pluie, j'ai trouvé pour les quatre années que j'ai étudiées jusqu'ici, les résultats suivants énoncés en divisions de l'échelle du bifilaire :

Année.	Avec vent du sud.	Avec vent du nord.	Avec bourrasque.
1860	$10^d,73$	$7^d,63$	$14^d,45$
1861	11,00	8,00	12,20
1862	11,92	8,90	12.70
1863	10,92	8,18	12,27

« La colonne des bourrasques devrait encore être augmentée si l'on tenait compte des simples apparitions des *cirri* et des *nuages* qui font souvent parcourir plusieurs divisions en peu de temps aux instruments magnétiques et qui donnent toujours des courants aux fils galvanométriques. Je n'ai pas encore achevé la réduction de mes observations, mais les nombres que je vous ai transcrits ci-dessus sont assez d'accord pour me faire croire qu'il y a là une règle générale. »

Le Père Secchi est porté à croire que les observations faites dans un pays montueux comme la Suisse, auront

surtout l'avantage de permettre d'étudier les variations des courants électriques terrestres en vue des influences locales, telles que la hauteur, la température, la formation des nuages, la direction des vents locaux, etc. Pour les grands courants généraux qui sillonnent le globe, une grande plaine uniforme, telle qu'on en trouverait, par exemple, en Russie, serait un champ d'observations bien plus favorable.

La lettre du Père Secchi se termine par quelques remarques sur le dernier travail de M. Airy, relatif à la discussion des observations de perturbations magnétiques faites à Greenwich, dont j'ai parlé dans les considérations qui précèdent. Il observe, avec raison, que les mêmes courants terrestres dirigés du nord au sud ou de l'est à l'ouest peuvent très-bien agir sur le déclinomètre sans agir sur le bifilaire et réciproquement, conformément aux lois d'Ampère, et que, par conséquent, il n'est pas extraordinaire que l'un des instruments soit troublé sans que l'autre le soit. L'action exercée sur le vertical doit dépendre aussi de la position à l'est ou à l'ouest du courant dirigé du nord au sud. En général, le courant paraît se diriger vers le centre de la bourrasque, et il pourra arriver que, au commencement de l'observation, ce courant soit sans action, vu sa direction, sur l'un des instruments magnétiques et que, plus tard, la bourrasque changeant de place et par conséquent le sens du courant changeant aussi, il en résulte une perturbation sur ce même instrument.

Mais, si au lieu de prendre quelques observations détachées, on considère la période complète d'une perturbation, il n'arrivera que bien rarement qu'un des instruments magnétiques soit troublé et que l'autre ne le soit pas. Le savant astronome romain signale une circonstance assez extraordinaire qui se manifeste quelque-

fois, mais rarement : c'est que l'un des instruments est pour ainsi dire *paralysé*, que le *déclinomètre*, par exemple, n'accuse aucun mouvement même pour les variations diurnes régulières, tandis que les indications du *bifilaire* sont dans le même moment exagérées. Cet effet ne se fait pas apercevoir quand on se borne à prendre des moyennes, parce que, après l'*exagération* d'un jour vient la *paralysation* qui a lieu un autre jour. La considération des moyennes dans cette étude peut conduire à de grandes illusions. Le phénomène observé par M. Airy, de la non-coïncidence dans certains cas des perturbations d'un instrument magnétique avec celles d'un autre, peut facilement s'expliquer, mais il est loin d'être la règle générale, du moins à Rome. Il est probable qu'on trouvera dans chaque pays des règles particulières pour ces variations, comme on en a trouvé pour l'état de l'atmosphère.

Quant à la cause de tous ces phénomènes, le Père Secchi ne pense pas qu'on puisse la chercher ailleurs que dans l'existence des courants électriques ; l'observation, en particulier, montre que dans le cas des orages le courant chemine vers le centre de la bourrasque, c'est-à-dire là où abonde en général l'électricité négative de la pluie, quelle que soit du reste l'origine de cette électricité. Il en résulte des courants qui agissent sur les aimants d'une manière ou de l'autre, suivant leur direction et suivant la position des aimants par rapport à eux.

Le Père Secchi veut bien me promettre d'autres communications sur ce sujet intéressant quand il aura terminé la rédaction de toutes ses observations, travail dont il s'occupe actuellement.

SUR CERTAINES
PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DU TISSU MUSCULAIRE

PAR

M. LE Dr WILLIAM MARCET.

(Communiqué à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, le 5 janvier 1865.)

Lorsqu'une dissolution aqueuse se trouve en contact avec du papier à filtrer, avec une éponge ou d'autres corps poreux de même nature, le liquide pénètre dans l'intérieur de ces corps et se distribue également dans toute leur masse, en vertu de leur porosité. Ce phénomène est d'une nature purement physique; chaque partie de l'éponge, du papier Joseph ou du corps poreux quelconque, contiendra, à quelques exceptions près, une quantité égale, ou à peu près égale, de la dissolution en question, qui présentera partout la même composition. Si l'on suppose un tube ouvert à l'une de ses extrémités, et fermé à l'autre extrémité par un corps poreux mis extérieurement en contact avec de l'eau, et que l'on verse dans ce tube une dissolution aqueuse, cette dissolution passera au travers du corps poreux dans l'eau, sans que sa composition se trouve notablement altérée. On pourra toujours reconnaître qu'un corps est poreux, d'abord par la faculté qu'il aura de se laisser pénétrer par l'eau

qui en ressortira comme au travers d'un filtre, et ensuite parce qu'une dissolution qu'on ferait passer à travers ce corps, en le mettant en contact extérieurement avec de l'eau, se trouverait avoir à sa sortie à peu de chose près la même composition chimique qu'à son entrée. C'est ainsi qu'un liquide qui contiendrait 10 pour cent d'albumine, se trouverait toujours contenir cette même quantité d'albumine après avoir traversé un corps poreux. Certains cas, cependant, dont nous n'avons pas à nous occuper ici, font exception à cette règle : tel est celui où des liquides contenant des matières colorantes, de l'ammoniaque ou des alcaloïdes végétaux, seraient filtrés au travers d'une masse de charbon ; tel est encore celui où l'on ferait filtrer une dissolution de sels inorganiques au travers d'un terrain arable. Dans ce cas, en effet, Liebig a démontré que le terrain s'empare de ces matières solubles et les rend insolubles ; mais je le répète, ces cas ne doivent pas nous occuper dans le travail actuel.

Si, au lieu d'un corps poreux, nous choisissons un corps qui manque essentiellement de pores, tel qu'une masse de gélatine en gelée, et que nous placions cette gelée en contact avec une dissolution aqueuse, il arrivera que celle d'entre les substances contenues dans cette dissolution qui jouissent de la propriété de cristalliser, telles que le chlorure de sodium, par exemple, passeront dans la gelée où on pourra les retrouver à l'analyse chimique, tandis que celles d'entre elles qui sont incristallisables, telles que l'albumine, ne pénètreront pas dans la gelée. Un phénomène semblable a lieu, si au lieu de gelée on se sert d'eau distillée, et qu'on introduise avec soin, et de manière à éviter le mélange

des liquides, une dissolution aqueuse au fond d'une éprouvette allongée contenant de l'eau. On parvient facilement à s'assurer que les substances *cristallisables* contenues dans la dissolution se sont répandues au bout de quelques heures dans toute la masse liquide, tandis que les substances *amorphes* qui s'y trouvaient n'en sont point sorties, et même au bout de plusieurs jours n'ont pénétré que très-faiblement la colonne d'eau qui les recouvrait. C'est là le phénomène que Graham a désigné sous le nom de *diffusion liquide*, et attendu que les corps qui peuvent cristalliser, de même que ceux qui ne peuvent revêtir cette forme, jouissent, sous le rapport de leur diffusion, de propriétés spéciales, le chimiste anglais a proposé de donner aux premiers le nom de corps *cristalloïdes*, et aux seconds celui de corps *colloïdes*. Parmi les corps colloïdes se rangent, d'après Graham, les membranes animales et le papier connu sous le nom de papier-parchemin, qu'on prépare au moyen de l'action de l'acide sulfurique sur du papier dépourvu de colle. Ce papier est impénétrable à l'eau si l'on s'en sert comme filtre, mais si on le met en contact, d'un côté avec une dissolution aqueuse, et de l'autre avec de l'eau distillée, il laissera passer, à travers son tissu, dans l'eau distillée les corps cristalloïdes que contient la dissolution, mais interceptera le passage de ceux qui sont colloides. Ce phénomène, que Graham a désigné sous le nom de *dialyse*, est essentiellement le même que celui qui a lieu lorsque l'on place une dissolution en contact avec une masse en gelée, et le chimiste anglais a imaginé un appareil très-simple destiné à opérer la séparation des corps cristalloïdes d'avec les corps colloïdes au moyen de la dialyse. Cet appareil, ou *dialyseur*, comme

il l'appelle, consiste en un disque de papier-parchemin, lequel, après avoir été mouillé, est appliqué sur un cercle fait d'une lame de gutta-percha d'environ 5 centimètres de hauteur, et dont le diamètre peut varier de 9 à 30 centimètres, de manière à former une sorte de tamis. Le disque de papier-parchemin doit avoir un diamètre plus grand de 5 à 6 centimètres que celui du cercle, afin qu'il puisse être relevé autour du bord de celui-ci auquel il est fixé par une bande de gutta-percha. On verse dans cette espèce de tamis la dissolution que l'on veut expérimenter, de manière à recouvrir le papier-parchemin d'une couche de faible épaisseur, 15 millimètres environ. L'appareil est alors mis à flotter dans un bassin contenant un volume d'eau distillée égal à au moins huit à dix fois celui de la dissolution. — Je passe maintenant aux expériences qui font le sujet de mon travail.

En considérant le tissu musculaire au point de vue physique, je fus dès l'abord frappé de l'idée qu'un muscle devait être nécessairement un corps colloïde, puisque, d'après Graham, une membrane, qui de même qu'un muscle, est un corps animal organisé, jouit de caractères essentiellement colloides; et que de plus, on ne peut parvenir, même au moyen d'une pression extrêmement forte, à exprimer à peine quelques gouttes de jus d'une masse considérable de muscle, montrant ainsi qu'il ne peut être considéré comme ayant les caractères d'une éponge. Quant à sa structure, le tissu musculaire est composé d'une foule de petits faisceaux de fibres réunis les uns aux autres au moyen de tissu cellulaire, n'offrant au premier abord aucune apparence de porosité. J'avais cependant remarqué que de la viande crue, plongée dans l'eau froide, abandonnait à cette eau une

grande quantité d'albumine, fait qui ne parassait guères s'accorder avec l'idée que j'avais conçue sur la nature colloïde d'un muscle. Il s'agissait, en effet, ici d'un corps colloïde qui aurait en apparence la faculté de passer à travers un autre corps colloïde, car il fallait bien que l'albumine eût traversé le muscle de l'intérieur à la surface, pour que cette albumine se retrouvât dans l'eau. Or, la loi fondamentale de la diffusion liquide est, qu'une substance colloïde est incapable de passer au travers d'un autre corps colloïde. Il y avait donc ici une contradiction apparente que je me suis appliqué à résoudre.

Je me suis d'abord demandé s'il était possible que l'albumine des muscles fut spécialement douée, contrairement à l'albumine de l'œuf, du sang, etc. de la propriété de se diffuser au travers du tissu musculaire. En cas de réponse négative, il restait à examiner le tissu musculaire lui-même, et à reconnaître expérimentalement si ce tissu était véritablement une masse colloïde, ou s'il ne serait peut-être pas un corps poreux.

Je commençai d'abord par préparer un extrait aqueux du tissu musculaire, en triturant dans un mortier, avec de l'eau, de la viande crue coupée en menus fragments, et en exprimant dans un linge la liqueur qui en découlait. Cette liqueur contenait une forte proportion d'albumine, susceptible de se coaguler par l'action de la chaleur, et qui se précipitait par l'acide azotique comme l'albumine ordinaire. Je renfermai une certaine quantité de ce liquide dans une portion d'intestin de porc qui avait été conservée à l'état sec, et mouillé seulement au moment de l'expérience, afin de le rendre plus souple. La vessie ainsi remplie de liquide fut plongée dans de l'eau pendant 24 heures environ. A l'expiration de ce

temps, à peine quelques traces d'albumine étaient-elles visibles dans l'eau, preuve que cette substance n'avait pu passer au travers de la membrane.

Après avoir obtenu un résultat parfaitement semblable, en faisant dialyser du jus de viande dans un dialyseur ordinaire muni d'un diaphragme de papier-parchemin, j'introduisis un fragment de viande crue au fond d'une éprouvette longue et étroite que je remplis d'eau, et je laissai le tout en repos pendant deux jours. Au bout de ce temps, l'eau avait acquis jusqu'au niveau supérieur de la viande une teinte rougeâtre qui ne s'étendait pas au delà. Je partageai alors la colonne d'eau au-dessus de la viande en quatre couches horizontales, au moyen de petites bandes de papier collées au verre; puis j'examinai séparément chacune de ces couches décantées successivement au moyen d'un syphon. J'obtins ainsi la certitude que la troisième et quatrième couche présentaient seules quelques traces d'albumine, tandis que le liquide coloré en était abondamment pourvu. Il résulte évidemment de cette expérience que l'albumine avait pu se frayer un passage en dehors du tissu musculaire, mais que l'eau avait opposé un obstacle presque insurmontable à sa diffusion dans ce liquide. Je songeai alors à remplacer dans cette expérience l'eau par de la gélatine, et j'introduisis quelques fragments de muscle dans une dissolution aqueuse de colle de poisson, peu d'instants avant le moment où cette dissolution allait se prendre en gelée. Le lendemain, la gelée ne présentait aucune trace de coloration, pas même très-près de son point de contact avec le muscle, d'où je conclus qu'il n'en était point encore sorti d'albumine. Le second jour, il n'y avait pas encore de coloration bien distincte, mais

à dater de ce moment, la gelée prit peu à peu une couleur légèrement rouge ; et au bout de six à sept jours chaque fragment de muscle était entouré d'une zone rougeâtre, laquelle cependant ne pénétrait pas la colle dans toute son épaisseur. Le liquide obtenu, en faisant chauffer une petite portion de la gelée rouge, se trouva contenir de l'albumine, mais en quantité bien moins considérable que lorsque le muscle était placé dans de l'eau, au lieu de l'être dans de la gelée.

On peut, il me semble, conclure de ces expériences, que l'albumine de la viande ne se diffuse pas au travers d'une membrane animale, séchée dans le but de la conserver et mouillée au moment de l'expérience, ni au travers du papier-parchemin, et ne pénètre que très-faiblement l'eau et la gelée. Ces résultats sont, du reste, parfaitement d'accord avec ceux obtenus précédemment par Graham.

Après avoir étudié l'albumine du tissu musculaire sous le point de vue de sa propriété de diffusion, j'ai dû chercher à déterminer si le tissu musculaire lui-même était une masse colloïde ou poreuse. Dans ce but, je suis parvenu à transformer un fragment de muscle en un corps essentiellement colloide, en le partageant en petits fragments que je triturai dans un mortier avec une dissolution liquide de colle de poisson. Ayant introduit le tout dans une éprouvette, la masse se prit bientôt en une gelée sur laquelle je versai une couche mince d'eau. Deux jours plus tard, je remarquai que l'eau avait pris une couleur rouge pâle, et je m'assurai qu'elle contenait une très-faible quantité d'albumine. Après cinq jours, cette quantité d'albumine s'est trouvée un peu augmentée, mais elle est toujours restée de beaucoup inférieure en

quantité à celle qui se serait trouvée dans de l'eau où l'on aurait plongé du tissu musculaire. Il résulte de cette expérience, que si l'on transforme du tissu musculaire en une masse bien certainement de nature colloïde, il perd en très-grande partie sa propriété d'abandonner à l'eau l'albumine qu'il renfermait : j'en conclus « que le tissu musculaire n'est pas un corps colloïde. »

Le tissu musculaire, avons-nous dit, est formé de faisceaux de fibres réunis les uns aux autres au moyen de tissu cellulaire. Un liquide, ayant à traverser ce tissu, peut donc être considéré comme devant passer au travers d'un nombre infini de membranes très-minces et d'espaces cellulaires. Nous avons déjà vu qu'une membrane ordinaire, comme celle de l'intestin, conservée à l'état sec, intercepte le passage de l'albumine, mais je me suis demandé si une membrane animale fraîche et très-fine serait douée de cette même propriété. Pour résoudre cette question, je soumis à l'expérience la membrane qui recouvre le foie du mouton et du bœuf[1]. Cette membrane est extrêmement fine, et en faisant macérer le foie dans de l'eau pendant quelques heures, il m'a été facile de l'enlever sans la déchirer. Je m'en suis servi comme diaphragme d'un dialyseur, en la faisant adhérer à un entonnoir en verre dans lequel je versai un extrait aqueux de muscle, et en plaçant ensuite la membrane en contact extérieurement avec de l'eau. Dix-huit heures après le commencement de l'expérience, en me servant

[1] Le foie a deux membranes, une qui lui est propre et le recouvre complétement ; et une autre, le péritoine, qui n'entoure sa surface qu'en partie. Je me suis servi indifféremment de ces deux membranes réunies ensemble ou séparées l'une de l'autre.

de la membrane du foie de mouton, l'eau extérieure s'est trouvée légèrement colorée en rouge, et je pus déterminer approximativement que le tiers environ de l'albumine contenu dans le dialyseur avait passé dans l'eau. D'autres expériences de même nature achevèrent de me démontrer d'une manière positive que l'albumine musculaire traverse sans difficulté une membrane animale fraîche très-mince ; et prenant en considération la structure du tissu musculaire, il me paraît qu'on peut en conclure qu'un phénomène analogue a lieu pour ce tissu. Cherchons maintenant à déterminer la cause qui donne à l'albumine la propriété de traverser les membranes en question.

Pour résoudre cette question, j'ai commencé par examiner avec soin l'état physique de la membrane qui recouvre le foie de mouton. Puis, après l'avoir disposé en façon de diaphragme d'un petit dialyseur, en le fixant aux rebords d'un tube à réactif dont le fond avait été brisé, j'ai versé de l'eau dans l'appareil. J'ai remarqué, au bout d'un certain temps, que la surface extérieure de la membrane était devenue humide; puis la totalité de cette surface se couvrait de très-petites goutelettes d'eau, lesquelles en se réunissant graduellement les unes aux autres, finissaient par former de véritables gouttes. Dans une de ces expériences la hauteur de la colonne d'eau dans le dialyseur était de 25 millimètres, et le diamètre de la membrane de 24 millimètres. Vingt-deux minutes après avoir versé de l'eau dans le dialyseur, les premières traces d'humidité parurent sur la surface extérieure de la membrane; quatre heures plus tard la première goutte tomba ; la chute de la seconde fut accidentellement accélérée; mais celle de la troisième suivit

la seconde après un intervalle d'une heure et trente-cinq minutes. — Nous devons conclure de cette expérience que la membrane en question est douée des propriétés d'un corps poreux, et par cela même livre passage aux liquides à la manière d'un filtre.

Il m'a paru qu'il pourrait y avoir quelque intérêt à déterminer la rapidité avec laquelle l'albumine musculaire passe au travers de la membrane du foie de mouton, disposée en façon de diaphragme de dialyseur. Je me suis servi dans ce but d'un tube à réactif d'une dimension ordinaire et dont j'avais brisé le fond. 5 centimètres cubes d'un extrait aqueux de muscle, contenant une quantité connue d'albumine, ont été introduits dans ce tube, dont le diaphragme a été mis en contact avec 5 centimètres cubes d'eau. Après un intervalle de dix-sept heures, je trouvai que 32 pour cent du liquide albumineux avait traversé la membrane, et la même proportion, savoir 32 pour cent de l'albumine contenue dans le tube, en était sortie. Ainsi donc, une partie de l'extrait de muscle renfermé dans le tube en était sortie, entraînant avec elle toute l'albumine qui se trouvait contenue dans cette portion du liquide ; résultat qui tend à prouver que le passage de l'albumine s'était fait exclusivement au travers de très-petites ouvertures ou pores, et ne constituait pas un phénomène de diffusion liquide.

Afin d'ajouter à mes recherches sur le passage de l'albumine au travers du foie de mouton, j'entrepris l'expérience suivante qui m'a fourni un résultat inattendu et intéressant. Le tissu du foie contenant, comme on sait, une forte proportion d'albumine, l'idée me vint de transformer la glande elle-même en un dialyseur. Dans ce but, je fis plonger dans de l'eau distillée la glande recou-

verte de sa membrane; j'avais déjà préparé une section de ce même foie dont la surface, naturellement dépourvue de membrane, a été placée en contact avec un volume d'eau égal à celui dans lequel plongeait l'autre partie de la glande recouverte de sa membrane. Le lendemain, ayant sorti en même temps de l'eau les fragments de la glande, je pus constater que pour chaque 20 centimètres cubes d'eau, 0,0695 gramme d'albumine avait passé au travers de la membrane, tandis que pour le même volume d'eau, 0,118 gramme d'albumine s'était échappé du tissu dénudé. Mais comme la surface de la membrane immergée était égale à deux fois celle de la section du foie, il est permis de conclure, que pour des surfaces de même grandeur plongées dans deux volumes égaux d'eau, la quantité d'albumine qui aurait passé dans l'eau après avoir traversé la surface de la section, serait environ 4 fois plus grande que celle qui aurait passé dans l'eau au travers de la membrane. Remarquons encore que la quantité d'albumine qui, dans l'expérience ci-dessus avait passé au travers de la membrane du foie, était beaucoup plus faible que celle qui aurait traversé cette même membrane disposée à la façon du diaphragme d'un dialyseur, dans lequel on aurait versé un extrait aqueux de muscle. Relativement à la cause de ce dernier phénomène, si l'on admet, comme je pense l'avoir démontré, que la membrane en question est un corps poreux ne présentant aucune lacération ou solution de continuité, il me semble que le fait ne peut s'expliquer autrement qu'en admettant dans les pores, et au-dessous de la membrane, lorsque celle-ci recouvre le foie, l'existence d'une substance colloide qui la ferait adhérer fortement au tissu de la glande, comme si

elle y était fixée, pour ainsi dire, avec de la colle. Plusieurs circonstances me paraissent venir à l'appui de cette hypothèse ; ainsi, la membrane du foie, dans son état normal, adhère si fortement au tissu de la glande qu'il est difficile de l'enlever sans déchirer plus ou moins le parenchyme du foie. En outre, lorsqu'on place la membrane humide en contact avec du verre, elle adhère aussi fortement à la surface vitreuse que si elle avait été enduite de colle. De plus, après avoir fait tremper pendant quelques heures dans de l'eau un foie recouvert de sa membrane, on parvient à détacher facilement celle-ci, comme s'il s'était opéré une dissolution de la colle dont la membrane paraît être revêtue. Enfin, si cette membrane, après avoir été desséchée, est mouillée de nouveau, elle offre une plus grande résistance au passage de l'eau à travers son tissu, que lorsqu'on la soumet à l'expérience au moment où elle a été détachée du parenchyme hépatique.

Les considérations qui précèdent nous autorisent, je pense, à envisager le mouvement d'une dissolution d'albumine au travers du tissu musculaire, comme un phénomène dû, sinon exclusivement, au moins en grande partie, à l'état poreux du muscle. Il restait encore à déterminer si l'albumine se distribuait à travers le système musculaire avec la même facilité que l'une des substances cristalloïdes contenues dans le jus de viande, l'acide phosphorique, par exemple. Pour y arriver, je commençai par chercher à établir la relation qui existait entre la quantité d'albumine et d'acide phosphorique contenus dans un extrait aqueux de 200 grammes de muscle de bœuf dans 25 cent. cubes d'eau distillée, l'acide phosphorique étant précipité au moyen de l'acétate de peroxyde

d'uranium. Je plongeai ensuite 200 grammes du même muscle dans 125 cent. cubes d'eau distillée, et après que 26 heures se fussent écoulées, je déterminai expérimentalement le rapport entre les quantités d'albumine et d'acide phosphorique contenues dans l'eau. S'il devait résulter de cette expérience que le rapport entre l'acide phosphorique (substance cristalloïde) et l'albumine (substance colloïde), contenues dans l'extrait, était le même que le rapport entre l'acide phosphorique et l'albumine contenus dans l'eau où la viande avait séjourné, on devrait naturellement en conclure que le mouvement de l'albumine dans le tissu est aussi rapide que pourrait l'être celui d'un corps cristalloïde; mais si, au contraire, ces rapports se trouvaient différer l'un de l'autre, — si, par exemple, la quantité d'albumine, par rapport à l'acide phosphorique, se trouvait moins forte dans l'eau où la viande avait séjourné que dans l'extrait, on en conclurait qu'un muscle agit jusqu'à un certain point à la façon d'un corps colloïde, c'est-à-dire, présente un obstacle plus ou moins fort au passage d'une dissolution albumineuse au travers de sa substance.

Voici maintenant le résultat de mon expérience :

Dans 100 grammes d'extrait.

Acide phosphorique...	0,253	Rapport 1 à 12,5.
Albumine...........	2,925	

Dans 100 grammes de liquide où la viande avait séjourné 26 heures.

Acide phosphorique...	0,169	Rapport 1 à 6,5.
Albumine...........	1,067	

Ce résultat nous montre qu'à la température ordinaire

de l'atmosphère, la rapidité du mouvement de l'albumine au travers du tissu musculaire est égale à environ la moitié de la rapidité du mouvement de l'acide phosphorique au travers de ce même tissu. Par conséquent, la dissolution albumineuse éprouve évidemment, par suite de sa propriété colloïde, une difficulté à traverser le tissu en question que n'éprouve pas l'acide phosphorique, à cause de sa propriété cristalloïde. On voit donc qu'un muscle, indépendamment de son état poreux, participe, quoique faiblement, aux propriétés des corps colloïdes.

Les résultats obtenus dans ce travail me paraissent présenter quelque intérêt, comme servant à indiquer par quelle voie l'albumine du sang, après sa sortie des vaisseaux capillaires, se distribue rapidement dans toutes les parties du tissu musculaire, pour en effectuer la nutrition.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

J. TYNDALL. SUR LES RAYONS INVISIBLES DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE (*Royal Institution*, séance du 20 février 1865). SUR LA CALORESCENCE (*Philosophical Magazine*. Février 1865).

Nous avons inséré dans le dernier numéro des *Archives* [1] la traduction d'un mémoire de M. Tyndall sur les radiations obscures et lumineuses. L'auteur a récemment exposé ce sujet dans une séance de l'Institution royale, où il a reproduit ses principales expériences et en particulier celles où tous les rayons lumineux sont arrêtés par une dissolution d'iode dans le sulfure de carbone, tandis que les rayons obscurs viennent se concentrer en un foyer où ils produisent des phénomènes calorifiques intenses, tels que la combustion de certains corps. Il a fait connaître à cette occasion quelques faits nouveaux et intéressants. Nous traduisons un extrait de la partie de la séance dans laquelle il les a développés :

« Ces effets sont dus, en partie, à l'action chimique. Les substances placées au foyer sombre sont des substances oxydables qui, lorsqu'elles sont suffisamment échauffées, se combinent avec l'oxygène de l'atmosphère par combustion ordinaire. Mais on peut éviter cette action. On peut élever jusqu'à l'incandescence la température d'une mince lame de charbon, placée dans le vide, au foyer des rayons invisibles. L'action chimique est ici entièrement éliminée. Une plaque mince d'argent ou de cuivre, dont la surface est légèrement ternie par le sulfure du métal d :

[1] Voyez page 41.

façon à diminuer le pouvoir réflecteur, est portée à l'incandescence, soit dans le vide, soit dans l'air. Avec une pile d'une puissance suffisante et une concentration convenable, on peut chauffer une plaque de platine platinisée, au rouge blanc au foyer des rayons invisibles ; et lorsqu'on regarde le platine incandescent à travers un prisme, sa lumière donne un spectre complet et parfait. Dans tous ces cas, ce que l'on obtient d'abord, c'est une image parfaitement invisible des pointes de charbon formée par le miroir ; et aucune expérience ne rend plus sensible que celle-ci l'identité de la lumière et de la chaleur. Lorsque la plaque de métal ou de charbon est disposée au foyer, les places qu'occupe l'image invisible s'élèvent à l'incandescence, et se manifestent visiblement sur la plaque. En écartant les pointes de charbon, ou en les rapprochant, leur image incandescente suit leur mouvement. En coupant la plaque de carbone en suivant les limites de l'image, nous pouvons obtenir une seconde paire de pointes de charbon, de la même forme que les premières, mais tournées dans une position inverse; et ainsi, à l'aide des rayons incapables d'exciter la vision et émanant d'une paire de pointes de charbon, nous pouvons obliger une seconde paire à émettre tous les rayons du spectre.

« On sait que la radiation ultra-rouge de la lampe électrique consiste en ondulations éthérées de plus grande longueur, et de périodes plus lentes que celles qui excitent la vision. Par conséquent, lorsque ces longues vagues atteignent une plaque de platine et l'élèvent à l'incandescence, leur période de vibration est changée. Les ondes émises par le platine sont plus courtes et plus rapides que celles qui tombent sur lui, la réfrangibilité est par conséquent devenue plus grande et les rayons invisibles sont rendus visibles. Il y a treize ans, le professeur Stokes publia sa belle découverte qu'au moyen du sulfate de quinine, ou de diverses autres substances, les rayons ultra-violets du spectre pouvaient être rendus visibles. Ces rayons invisibles de haute réfrangibilité atteignant un milieu convenable, obligent les molécules

de ce milieu à osciller en périodes plus courtes que celles des ondes incidentes. Dans ce cas, par conséquent, les rayons invisibles sont rendus visibles par l'abaissement de leur réfrangibilité ; tandis que dans les expériences du professeur Tyndall, les rayons ultra-rouges sont rendus visibles par l'élévation de leur réfrangibilité. On a appliqué le terme de *fluorescence* au phénomène découvert par le professeur Stokes. M. le professeur Tyndall propose de désigner sous le nom de *calorescence* le phénomène qui fait l'objet de ses communications.

« Ce fut la découverte faite il y a plus de trois ans, d'une substance opaque à la lumière, et presque parfaitement transparente à la chaleur rayonnante — c'est-à-dire arrêtant le spectre visible de la lumière électrique à l'extrémité du rouge, et laissant passer la radiation ultra-rouge presque complétement —, qui a conduit le professeur Tyndall aux résultats précédents. Ce fut seulement l'étude de sujets d'un intérêt plus immédiat qui mpêcha M. Tyndall de les découvrir plus tôt. Sur ce point cependant le professeur Tyndall ne peut fonder aucun droit de priorité, et l'idée de rendre les rayons ultra-rouges visibles ne lui appartient pas de droit, quoiqu'il y soit arrivé d'une manière tout à fait indépendante. Le droit à une idée ou une découverte scientifique est assuré par l'acte de publication, et en vertu d'un tel acte, la priorité de conception pour ce qui concerne la conversion des rayons de chaleur en rayons lumineux, appartient incontestablement au Dr Akins. Dans la réunion de l'Association britannique à Newcastle en 1863, il proposa trois expériences par lesquelles il comptait résoudre cette question. Il s'associa plus tard avec un savant distingué, M. Griffith, d'Oxford, avec lequel il poursuivit ses recherches. Deux des expériences proposées à Newcastle par le Dr Akins sont tout à fait impraticables. Dans la troisième il se proposait de concentrer les rayons du soleil au moyen d'un grand miroir ardent, en interceptant la portion lumineuse de la radiation par des « absorbants convenables », afin d'opérer ensuite avec les rayons obscurs. Le Dr Akins a employé dans ses ex

périences un miroir de trente-six pouces de diamètre, mais il a jusqu'ici échoué dans la réalisation de son idée. C'est avec un miroir de quatre pouces de diamètre, avec une source rayonnante avec laquelle ses recherches l'avaieut rendu familier, et avec une substance susceptible de filtrer les rayons de la lampe électrique, comme il l'avait découvert, que le professeur Tyndall a obtenu tous les résultats rapportés plus haut. »

F. LINDIG. UNTERSUCHUNGEN UEBER DIE ABÆNDERUNGEN, etc... SUR LA VARIATION DES FORCES ÉLECTROMOTRICES AVEC LA TEMPÉRATURE. (*Pogg. Ann.*, 1864, nº IX, p. 1.)

Les recherches antérieures sur le sujet ont donné des résultats négatifs. En particulier, M. Poggendorff en opposant deux éléments, cuivre et zinc, dans acide sulfurique, dont l'un était chauffé, n'avait pas obtenu de courant.

Dans une premièe série d'expérience, M. Lindig compare les forces électromotrices de deux éléments Daniell en employant la méthode de M. Bosscha modifiée par M. Poggendorff pour la mesure des forces électromotrices. Cette méthode permet d'éliminer les résistances des éléments qui peuvent ainsi varier sans que les valeurs que l'on trouve cessent d'être exactes. L'un des éléments est chauffé et l'autre maintenu à la température ambiante ; des thermomètres plongeant dans les liquides, donnent les températures. La force électromotrice augmente un peu lorsque la température de l'élément s'élève.

L'élément Daniell est complexe et sa force électromotrice peut être représentée, comme on la sait, par :

$$Zn.\,Cu + Zn.\,SO^3 - Cu.\,CuO\,SO^3.$$

L'action de la chaleur peut n'être pas la même sur les différents termes de cette expression.

En premier lieu, l'auteur a étudié la variation de la force électromotrice du cuivre dans le sulfate de cuivre. Pour cela,

deux vases remplis de sulfate de cuivre communiquent par un tube à syphon également plein du même liquide. Une tige de cuivre plonge dans chaque vase et chacune est mise en communication avec l'extrémité d'un galvanomètre. On chauffe l'un des éléments qui sont, comme on le voit, en opposition, et la résistance du circuit étant très-grande, l'intensité du courant est proportionnelle à la différence des forces électromotrices. La polarisation qui doit se produire sur l'élément passif est une cause de diminution de l'intensité. On trouve que la force électromotrice diminue lorsque la température s'élève.

En second lieu, on a remplacé le cuivre plongeant dans du sulfate de cuivre, par du zinc dans de l'acide sulfurique étendu. L'élévation de température produit dans ce cas une dissolution rapide et une variation de force élèctromotrice très-faible. Si on emploie du sulfate de zinc au lieu d'acide, les résultats deviennent très-réguliers. La force électromotrice, comme pour le cuivre, diminue lorsque la température s'élève. Le chlorure de zinc donne un résultat identique ; seulement la diminution de la force électromotrice a lieu moins rapidement que pour le sulfate lorsque la température s'élève.

M. Lindig a ensuite disposé un élément Daniell dans lequel on pouvait chauffer séparément la dissolution de cuivre et celle de zinc. Pour cela, deux tubes recourbés chacun à angle droit communiquaient par leur deux bras horizontaux séparés par une baudruche. L'un des tubes est rempli de la dissolution de cuivre, et on y plonge une tige de cuivre ; l'autre tube est rempli de la dissolution de zinc, et on y plonge une tige de zinc. Les parties verticales des tubes sont entourées d'un manchon dans lequel on met ou de la glace ou de l'eau chaude. La résistance du circuit est rendue considérable, et la force électromotrice du couple est proportionnelle à l'intensité du courant. En chauffant le zinc, lorsque le liquide est de l'acide sulfurique, il n'y a pas de variation notable ; si c'est du sulfate, la force électromotrice diminue passablement, environ de 6 $_0/^0$ pour 80°. En chauffant

le cuivre, la force électromtotrice augmente environ de $8^0/_0$ pour 80°.

Les observations électrométriques faites sur le même élément Daniell ont donné des résultats concordant avec ceux des mesures galvanométriques.

Les conclusions de l'auteur sont les suivantes :

1° Les forces électromotrices sont variables avec la température pour certains éléments (le cuivre dans le sulfate de cuivre, le zinc dans le sulfate de zinc, le zinc non-amalgamé dans le chlorure de sodium), et non variables pour d'autres (le zinc dans l'acide sulfurique).

2° Le sens de la variation n'est pas toujours le même; pour le cuivre la force électromotrice diminue lorsque la température s'élève; pour le zinc non-amalgamé dans le chlorure de sodium, elle augmente.

3° La variation de la force électromotrice n'est pas toujours proportionnelle à la variation de la température entre 2 et 85°

4° Conformément à ce qui résulte des numéros 1 et 2, la force électromotrice de l'élément Daniell est variable lorsque le zinc plonge dans de l'acide sulfurique étendu ou dans une dissolution de sel marin.

R. Clausius. Abhandlungen... Mémoires sur la théorie mécanique de la chaleur. Brunswick, 1864.

Les *Archives* ont analysé à mesure de leur publication les travaux de M. le professeur Clausius sur la théorie mécanique de la chaleur. Cette théorie préoccupe de plus en plus les géomètres, les physiciens et les ingénieurs. Elle a été exposée récemment sous une forme expérimentale et populaire par M. Verdet dans deux séances de la Société chimique de Paris[1], M. Tyndall, dans une série de leçons faites à l'Institution royale de Londres; le texte de ces dernières conférences, publié sous le titre *Heat as a mode of motion*, n'a pas tardé à être traduit en français par M. l'abbé Moi-

[1] *Leçons de chimie et de physique professées en* 1862. In-8°. Paris, 1863.

gno. L'ouvrage que MM. Hirn et Zeuner ont consacré à ce même sujet a servi de point de départ à diverses discussions dans les journaux scientifiques de l'Angleterre, de la France et de l'Allemagne.

C'est au milieu de ces circonstances favorables que M. Clausius s'est décidé à reproduire littéralement, dans le volume que nous annonçons, celles de ses propres recherches qui se rapportent à l'établissement de la théorie, et à son application soit aux propriétés caloriques des corps, soit aux machines à vapeur. Quant à ses mémoires relatifs à l'extension de cette théorie à l'électricité et aux mouvements moléculaires, l'auteur se propose de les réunir en un volume qui formera également le deuxième partie de la présente publication.

Après une introduction sur l'intégration d'équations différentielles auxquelles on est conduit dans le sujet qu'il expose et qui ne sont pas intégrables dans le sens ordinaire, l'auteur traite successivement de la force motrice de la chaleur et des deux lois fondamentales de la théorie mécanique : *1° Dans tous les cas où la chaleur produit un travail, il y a destruction d'une quantité de chaleur proportionnelle au travail ; et réciproquement la destruction d'une quantité de travail produit une quantité de chaleur proportionnelle. — 2° La chaleur ne peut se transporter d'un corps plus froid dans un plus chaud sans déterminer simultanément une modification dépendante de ce transport*, ou *une compensation* (pour adopter une dénomination plus simple). Après trois appendices mathématiques, on trouve une intéressante notice relative à l'influence de la pression sur la congélation des liquides, et à la différence entre l'abaissement du point de fusion produit par un changement de pression et celui qui peut exister sans ce changement.

Dans le second mémoire, il étudie les propriétés de la vapeur quand elle se dilate dans diverses circonstances. Un appendice est consacré aux différences de pression dans un courant de gaz qui s'épanouit.

Le troisième mémoire examine la dépendance théorique de

deux lois empiriques sur la détente et la chaleur latente de diverses vapeur.

Le quatrième traite d'une modification dans la forme de la seconde loi fondamentale de la théorie mécanique de la chaleur.

Le cinquième est consacré à l'application de cette théorie aux machines à vapeur.

Le sixième montre l'emploi de la loi d'équivalence de transformation sur le travail intérieur. Il est suivi d'un appendice tout nouveau sur quelques dénominations à adopter (nommer *œuvre*, *Werk*, le travail mesuré par la quantité de chaleur; distinguer l'œuvre intérieure et extérieure, dire chaleur d'œuvre au lieu de chaleur latente, admettre le mot *Ergon* dans toutes les langues pour désigner cette *œuvre*) — et d'un autre complément relatif à la chaleur spécifique des gaz sous volume constant.

Le septième mémoire, communiqué en 1863 à la Société helvétique des sciences naturelles assemblée à Samaden, traite de la deuxième loi de la théorie.

Enfin le huitième s'occupe de la concentraion des rayonnements calorifiques et lumineux, et des limites de leur action eu égard à la nécessité de la *compensation*.

A cet exposé incomplet d'un livre que sa nature mathématique ne permet guère d'analyser, mais dont il sera question dans un travail que nous insérerons prochainement dans ce recueil, les physiciens reconnaîtront l'étendue du sujet traité par M. Clausius d'une manière si magistrale ; ils le remercieront d'avoir réuni et coordonné les matériaux qu'il avait disséminés dans les journaux de Poggendorff et de Dingler. E. W.

CHIMIE.

Prof. GRAHAM. SUR LES PROPRIÉTÉS DE L'ACIDE SILICIQUE ET D'AUTRES SUBSTANCES COLLOIDES ANALOGUES (*Philosophical Magazine*, octobre 1864).

Les notions généralement admises sur la solubilité résultent

principalement d'observations faites sur les sels cristallisables, et ne s'appliquent que très-imparfaitement à la classe des substances colloïdes. L'acide silicique hydraté, par exemple, à l'état soluble est, à proprement parler, un corps liquide, et capable, comme l'alcool, de se mêler à l'eau dans toutes les proportions. On ne peut parler du degré de solubilité de l'acide silicique, comme on parle lorsqu'il s'agit de la solubilité d'un sel, à moins qu'il ne s'agisse d'acide silicique à l'état gélatineux qu'on regarde en général comme dépourvu de solubilité. L'acide silicique en gelée, lorsqu'on vient de le préparer, peut être plus ou moins riche en eau de combinaison, et paraît être plus ou moins soluble suivant le degré de son hydratation. C'est ainsi qu'une gelée renfermant 1 pour cent d'acide silicique, donne avec 5000 parties d'eau froide une solution contenant environ 1 pour cent d'acide silicique, tandis qu'une gelée, renfermant 5 pour cent d'acide silicique, fournit une solution contenant environ 1 partie d'acide sur 10,000 parties d'eau. Une gelée moins hydratée que cette dernière devient encore moins soluble ; enfin, lorsque la gelée est rendue anhydre, elle se présente sous la forme de masses gommeuses blanchâtres qui paraissent être complétement insolubles.

La liquéfaction de l'acide silicique ne peut être effectuée que par une modification qui est permanente (savoir, la coagulation ou *pectisation*), en vertu de laquelle l'acide prend la forme gélatineuse ou pecteuse, et perd sa propriété de se mélanger avec l'eau. La liquidité est d'autant plus permanente que l'acide silicique est moins concentré, et paraît être favorisée par une basse température. Un acide silicique liquide, dans la proportion de 10 à 12 pour cent, se coagule spontanément au bout de quelques heures à la température ordinaire, et à l'instant même si on le chauffe. L'acide silicique liquide à 5 pour cent peut être conservé tel pendant plusieurs jours, un liquide de 2 pour cent pendant deux ou trois mois ; enfin, un liquide ne contenant que 1 pour cent d'acide silicique ne s'est pas coagulé au bout de deux ans. Des solutions très-étendues, de 0,1 pour cent, par exemple, seraient sans doute

inaltérables au bout d'un temps quelconque, et c'est ainsi que l'on comprend la possibilité de l'existence d'acide silicique soluble dans la nature. L'auteur ajoute, cependant, que jamais une solution d'acide silicique dans l'eau, quel que fût d'ailleurs le degré de sa concentration, n'a montré une disposition à déposer des cristaux ; elle se présente, au contraire, constamment, lors de la dessication, sous la forme d'un hyalite vitreux de nature colloïde. La formation si fréquente dans la nature de cristaux de quartz reste donc inexpliquée ; l'auteur suppose qu'elle ne peut avoir lieu qu'excessivement lentement et dans des solutions d'acide extrêmement étendues. La dilution, en effet, doit tendre à affaiblir le caractère colloïde, et permettre ainsi le dévoleppement d'une tendance cristalline, surtout lorsque le cristal à former est complétement insoluble, ainsi que cela a lieu pour le quartz.

La pectisation de l'acide silicique liquide est accélérée par le contact d'une matière solide sous la forme pulvérulente. C'est ainsi que par le contact du graphite pulvérisé, matière d'ailleurs inerte sous le rapport chimique, une solution de 5 pour cent d'acide silicique devient pecteuse au bout d'une heure ou deux, et une solution de 2 pour cent au bout de deux jours. Dans le premier cas, on a remarqué une élévation de température de 1°,1 C. pendant la formation de la gelée. La pectisation définitive de l'acide silicique est précédée d'un épaississement graduel du liquide. L'écoulement du liquide colloïde à travers un tube capillaire est toujours très-lent, lorsqu'on le compare à celui de solutions cristalloïdes, de sorte qu'un tube à transpiration liquide peut être employé comme « colloïdoscope. » Avec un liquide colloïde de viscosité variable, tel que de l'acide silicique, on remarque d'un jour à l'autre une augmentation dans la résistance à son passage à travers le colloïdoscope. L'acide, au moment où il va se prendre en gelée, coule comme de l'huile.

Une propriété dominante chez les corps colloïdes consiste dans la tendance de leurs particules à adhérer, à s'aggréger les unes aux autres et à se contracter. C'est cette espèce particulière d'at-

traction qui produit dans les liquides un épaississement graduel et finit par conduire à la pectisation. Dans la gelée même, cette contraction particulière, ou *synœrèse*, comme l'appelle l'auteur, continue son œuvre, produisant la séparation de l'eau, avec division en caillot et serum, et finit par ne laisser qu'une masse dure et pierreuse, d'une structure vitreuse, qui peut devenir anhydre ou à peu près, lorsqu'on permet à l'eau de s'évaporer. La synœrèse intense de la colle de poisson, desséchée sous le vide de la machine dans une capsule de verre, et en présence de l'acide sulfurique, va jusqu'à donner à la gélatine le pouvoir d'enlever la surface du verre par l'effet de sa contraction. Le verre lui-même est un colloïde, et l'adhésion des colloïdes entre eux paraît plus puissante que celle d'un colloïde pour un cristalloïde. La gélatine, séchée comme ci-dessus, sur des plaques de spath calcaire ou de mica, n'adhère pas à la surface cristalline, mais se détache par suite de la dessiccation. L'adhésion entre eux de fragments d'acide phosphorique glacial présente un exemple bien connu de synœrèse colloïdale.

Si l'on se rappelle que la phase colloïdale sous laquelle se présente la matière est le résultat d'une attraction ou aggrégation particulière des molécules, propriété qui existe toujours, quoique plus développée chez certaines substances que chez d'autres, l'on ne sera plus surpris que les caractères colloïdaux s'étendent également à l'état liquide et à l'état solide. C'est, en effet, de ces caractères que dépend la viscosité des liquides, ainsi que la mollesse et les propriétés adhésives de certaines substances cristallines. Le métaphosphate de soude, liquéfié par la chaleur, est un véritable verre ou colloïde, mais si l'on maintient ce verre pendant plusieurs minutes à quelques degrés au-dessous de sa température de fusion, il prendra une apparence cristalline sans rien perdre de sa transparence. Malgré ce changement, le sel conserve son caractère d'imparfaite diffusibilité, ainsi que les autres caractères colloïdes. De l'eau, sous la forme de glace, a déjà été représentée comme une forme intermédiaire de même nature,

participant à la fois aux caractères colloïdes et cristalloïdes, et capable, en sa qualité de colloïde, d'adhésion ou de « recongélation. »

Il est superflu de rappeler ici le fait de la prompte pectisation de l'acide silicique liquide par l'effet des sels alcalins les moins solubles, tels que le carbonate de chaux, si ce n'est pour faire remarquer que la présence du carbonate de chaux dans l'eau paraît être incompatible avec la coexistence d'acide silicique soluble, jusqu'à ce que la proportion de ce dernier soit réduite à 1 partie sur 10,000 parties d'eau.

Certains liquides diffèrent des sels en ce qu'ils n'exercent pas d'effet pecteux sensible sur l'acide silicique liquide. Mais, d'autre part, aucun de ces mêmes liquides ne paraît contribuer à maintenir la liquidité du colloïde plus que ne le ferait l'addition de l'eau. Parmi ces diluents inactifs de l'acide silicique, on remarque les acides hydrochlorique, nitrique, acétique et tartarique, le sirop de sucre, la glycérine et l'alcool. Cependant tous ces liquides, de même que plusieurs autres, paraissent jouer à l'égard de l'acide silicique un rôle bien différent de celui qui résulte de l'action pecteuse des sels. En effet, ils ont la propriété de déplacer l'eau de combinaison de l'acide silicique hydraté en lui substituant de nouveaux produits, et cela, que l'hydrate soit à l'état liquide ou à l'état gélatineux.

On obtient un composé liquide d'alcool et d'acide silicique en ajoutant de l'alcool à de l'acide silicique aqueux ; on se débarrasse, ensuite de l'eau en plaçant le mélange dans le vide, en présence de carbonate de potasse ou de la chaux-vive. On arrive au même résultat en le plaçant dans un sac dialyseur en parchemin qu'on suspend dans de l'alcool ; l'eau se diffuse, ne laissant dans le sac qu'un liquide composé d'alcool et d'acide silicique. Il faut cependant veiller à ce que l'acide silicique ne constitue pas plus de 1 pour cent de la solution alcoolique ; autrement il pourrait se prendre en gelée pendant l'expérience. L'auteur propose de distinguer les hydrates liquides et gélatineux de l'acide silicique

par les dénominations d'*hydrosol* et d'*hydrogel* de l'acide silicique, et les deux produits correspondants provenant de l'action de l'alcool par celles de *alcosol* et *alcogel* de ce même acide.

L'*alcosol* de l'acide silicique, contenant 1 pour cent de cette dernière substance, est un liquide incolore qui n'est pas précipité par l'eau ou par les sels, ni par le contact de poudres insolubles, probablement à cause de la faible proportion d'acide silicique. Il peut être bouilli ou évaporé sans changement, mais se coagule à la suite d'une légère concentration. L'alcool est moins fortement retenu dans l'alcool de l'acide silicique que ne l'est l'eau dans l'hydrosol, mais aussi avec une force sujette aux mêmes variations; une petite portion de l'alcool étant retenue assez fortement pour se charbonner lorsqu'on distille rapidement et à une température élevée la gelée qui en résulte. On ne trouve dans aucun composé de cette classe la plus petite trace d'éther silicique. La gelée en question brûle facilement à l'air, en laissant la totalité de l'acide silicique sous la forme d'une cendre blanche.

L'*alcogel*, ou composé solide, se prépare commodément en introduisant dans de l'alcool absolu des fragments d'acide silicique gélatineux contenant de 8 à 10 pour cent de l'acide sec, et en renouvelant à plusieurs reprises l'alcool jusqu'à ce que l'eau de l'hydrogel soit complètement remplacée par celui-ci. L'alcogel est le plus souvent légèrement opale ; il présente la même apparence que l'hydrogel, et conserve à peu de chose près son volume primitif. L'auteur assigne la composition suivante à un alcogel préparé avec soin d'un hydrogel renfermant 9,35 pour cent d'acide silicique.

Alcool	88,13
Eau.	0,23
Acide silicique.	11,64
	100,00

L'alcogel, introduit dans de l'eau, se décompose graduellement, l'alcool se diffusant et étant remplacé par de l'eau, de façon à

reproduire un hydrogel. De plus, l'alcogel peut être regardé comme le point de départ de la formation d'une grande variété d'autres gelées d'une constitution analogue, à la seule condition que le nouveau liquide soit capable de se mêler à l'alcool, ou en d'autres termes, que ce soient des corps diffusibles l'un par rapport à l'autre. L'auteur a produit ainsi des composés d'éther, de benzoïne et de bisulfure de carbone. De même l'*éthérogel* peut donner naissance à une autre série de gelées de l'acide silicique, renfermant des liquides solubles dans l'éther, tels que les huiles fixes.

La préparation du composé d'acide silicique et de glycérine est facilitée par suite de la fixité comparative de ce liquide. Lorsqu'on plonge de l'acide silicique hydraté dans de la glycérine et qu'on porte le liquide à l'ébullition, l'eau se distille sans que la gelée change d'aspect, sauf que d'opale qu'elle était elle devient incolore, et cesse d'être visible lorsqu'elle est recouverte par le liquide. Mais une portion de l'acide silicique est dissoute, et il se produit un *glycerosol* en même temps que la gelée de glycérine. L'analyse par la combustion a démontré qu'un glycérogel, extrait d'un hydrate contenant 9,35 pour cent d'acide silicique, était composé de :

Glycérine...........	87,44
Eau................	3,78
Acide silicique.......	8,95
	100,17

Le volume du glycérogel est un peu inférieur à celui de l'hydrogel primitif. Lorsque de la glycérine en gelée est distillée à une température élevée, elle ne se fond pas, mais la totalité de la glycérine passe dans la distillation, avec quelques traces de décomposition vers la fin de l'opération.

Le composé d'acide sulfurique dit *sulphogel*, présente aussi de l'intérêt à cause de la facilité avec laquelle il se forme, et la disparition complète de l'eau de l'hydrogel primitif. Un fragment

d'acide silicique hydraté peut être conservé entier, si on commence par l'introduire dans de l'acide sulfurique étendu de deux ou trois fois son volume d'eau, et qu'on le transporte ensuite dans de l'acide plus fort, et enfin dans de l'acide concentré. Le sulphogel tombe au fond de l'acide concentré, et peut être distillé pendant plusieurs heures avec un excès de ce dernier liquide, sans rien perdre de sa transparence ou de son caractère gélatineux. Son volume est toujours un peu inférieur à celui de l'hydrogel primitif, mais seulement de $^1/_5$ à $^1/_6$ environ. Il est transparent et incolore. Lorsqu'on chauffe fortement un sulphogel dans un vase ouvert, les dernières portions de l'acide sulfurique monohydraté, en combinaison avec lui, exigent pour leur expulsion une température plus élevée que le point d'ébullition de l'acide. La totalité de l'acide silicique reste en arrière sous la forme d'une masse opaque et poreuse ressemblant à de la pierre ponce. Si l'on introduit un sulphogel dans de l'eau, il se décompose rapidement, et l'hydrogel primitif est reproduit. Il ne se forme dans aucun cas un composé de nature saline provenant des acides sulfuriques et siliciques. Un sulphogel introduit dans l'alcool finit par produire un alcogel pur. Des gelées analogues d'acide silicique peuvent être formées sans difficulté avec les monohydrates des acides nitriques, acétique et formique, et sont toutes parfaitement transparentes.

La formation des composés d'acide silicique qu'on vient de décrire, indique dans l'affinité chimique d'un colloïde une portée plus grande qu'on n'aurait pu s'y attendre. Les colloïdes organiques présentent sans doute des affinités tout aussi étendues, et sous ce rapport, intéressent plus spécialement le physiologiste. La propriété que possède une masse d'acide silicique gélatineux, de s'approprier de l'alcool, ou même de l'oléine à la place de l'eau de combinaison sans désagrégation ou altération de forme, pourra peut-être servir à jeter quelque jour sur la pénétration, par des corps gras et autres corps insolubles, de la matière albumineuse des membranes, qui a lieu pendant la diges-

tion des aliments. Les composés liquides de l'acide silicique sont encore plus remarquables sous ce rapport; c'est ainsi que le composé alcoolique liquide semble indiquer la possibilité de l'existence d'un composé de l'albumine colloïde avec l'oléine, soluble comme lui et capable de circuler avec le sang.

Le peu de force dans l'affinité qui réunit deux substances appartenant à des classes physiques différentes, telles qu'un colloïde et un cristalloïde, mérite aussi l'attention des physiciens. Lorsqu'un composé de cette nature est introduit dans un liquide, il se peut que la propriété diffusive plus grande du cristalloïde amène sa séparation d'avec le colloïde. C'est ainsi que l'eau qui entre dans la composition de l'acide silicique (qui est cristalloïde), abandonne l'acide (qui est colloïde) pour se diffuser dans l'alcool, et si on change cet alcool à plusieurs reprises, la totalité de l'eau disparaîtra, et l'alcool, autre cristalloïde, se mettra en lieu et place de l'eau combinée avec l'acide silicique. Le liquide en excès (dans ce cas l'alcool) s'emparera de la totalité de l'acide silicique. Le procédé est renversé si on introduit un alcogel dans un volume considérable d'eau. Dans ce cas, l'alcool se sépare de la combinaison par suite de l'occasion qui lui est offerte de se diffuser dans l'eau, et l'eau, qui se trouve alors être le liquide en excès, reprend possession de l'acide silicique. De pareils changements rendent sensible l'influence prédominante de la masse.

Il n'y a pas jusqu'aux composés d'acide silicique et des alcalis qui ne cèdent à la force décomposante de la diffusion. La combinaison d'acide silicique avec 1 ou 2 pour cent de soude est une solution colloïdale, qui se décompose graduellement lorsqu'on la place dans un dialyseur au-dessus de l'eau dans le vide, de manière à exclure l'acide carbonique. La soude se diffuse lentement à l'état caustique, et fournit l'oxyde brun ordinaire d'argent, lorsqu'on la traite avec le nitrate de ce métal.

Le simple contact de quantités minimes de certains sels suffit pour produire la pectisation de l'acide silicique liquide, ainsi

que celle de plusieurs autres colloïdes liquides, par l'effet d'un procédé inexpliqué jusqu'ici. D'autre part, l'acide gélatineux peut être liquifié de nouveau, et son énergie peut lui être rendue par le contact d'une petite quantité d'alcali. Ce dernier changement est graduel, 1 partie de soude caustique dissoute dans 10,000 parties d'eau pouvant liquéfier dans 60 minutes et à une température de 100°, *200* parties d'acide silicique supposé à l'état sec. Une faible quantité d'alcali suffit aussi pour dissoudre l'acide stannique gélatineux, même à la température ordinaire de l'atmosphère. L'alcali lui-même, après avoir liquéfié le colloïde gélatineux, peut en être de nouveau séparé par la diffusion dans l'eau au moyen du dialyseur. Dans ces circonstances, la solution de ces colloïdes peut être regardée comme analogue à la liquéfaction des colloïdes organiques insolubles qui a lieu dans le procédé de la digestion, avec cette différence, cependant, que le liquide dissolvant est alcalin au lieu d'être acide. L'acide silicique liquide peut être regardé comme le *peptone* de l'acide silicique gélatineux, et la liquéfaction de cette dernière substance par une très-petite quantité d'alcali peut être envisagée comme la *peptisation* de la gelée. Les gelées pures d'alumine, de peroxyde de fer et d'acide titanique, préparées par la dialyse, se rapprochent davantage de l'alumine, étant *peptisées* par de très-faibles quantités d'acide hydrochlorique.

Des acides stannique et métastannique liquides. — On prépare l'acide stannique liquide en dialysant le perchlorure d'étain après y avoir ajouté un alcali ; ou encore, en dialysant le stannate de soude avec l'addition de l'acide hydrochlorique. Dans l'un et l'autre cas, il se forme d'abord une gelée sur le dialyseur, mais à mesure que les sels se diffusent, la gelée est de nouveau peptisée par la petite quantité d'alcali libre qui reste, et dont on peut se débarrasser en continuant la diffusion. L'opération est facilitée par l'addition d'une goutte ou deux de teinture d'iode. L'acide stannique liquide se convertit par l'action de la chaleur en acide métastannique liquide. L'un et l'autre de ces acides sont remarqua-

bles par la facilité avec laquelle ils se prennent en gelée, lorsqu'on y ajoute soit des sels, soit une très-petite quantité d'acide hydrochlorique.

On prépare l'acide *titanique liquide* en dissolvant à froid de l'acide titanique gélatineux dans une faible quantité d'acide hydrochlorique, et en plaçant le liquide pendant quelques jours sur un dialyseur. Le liquide ne doit pas renfermer plus de 1 pour cent d'acide titanique ; sans cela il se prend de lui-même en gelée, mais il paraît plus stable lorsqu'il est plus étendu d'eau. L'acide titanique, de même que les deux acides stanniques, fournissent avec l'alcool, etc., les mêmes classes de composés que ceux qu'on obtient avec l'acide silicique.

De l'acide tungstique liquide. — L'auteur a pu, au moyen de la dialyse, dissiper l'incertitude qui a si longtemps régné au sujet de l'acide tungstique. Cet acide est un colloïde d'une nature singulière et qui n'a été connu jusqu'ici que sous sa forme pecteuse. On prépare l'acide tungstique liquide en ajoutant d'abord de l'acide hydrochlorique étendu à une solution de 5 pour cent de tungstate de soude, en quantité suffisante pour neutraliser l'alcali ; on place ensuite sur le dialyseur le liquide qui en est le résultat. Au bout de trois jours, on trouve l'acide à l'état de pureté, avec une perte d'environ 20 pour cent, due à la complète diffusion des sels. Il est à remarquer que l'acide purifié ne devient pas pecteux par l'effet des acides ou des sels, même à la température de l'ébullition. Évaporé à siccité, il se prend en écailles vitreuses comme la gomme ou la gélatine, et adhère quelquefois à la surface du vase, au point de ne pouvoir en être séparé sans en détacher quelques portions. Il peut être chauffé à 200° C. sans perdre de sa solubilité ou sans passer à l'état gélatineux; mais à une température voisine du rouge, il subit un changement moléculaire, et perd en même temps 2,42 pour cent d'eau. Lorsqu'on ajoute de l'eau à de l'acide tungstique, il devient d'une consistance pâteuse et adhésive analogue à celle de la gomme, et si on lui ajoute un quart de son poids d'eau, il se

forme en un liquide aussi dense que le verre. La solution produit une effervescence avec le carbonate de soude, et dans ce cas l'acide tungstique est évidemment associé aux acides siliciques et molybdiques. L'acide tungstique, dissous dans l'eau, n'est ni métallique ni acide au goût, mais plutôt amer et astringent. Évaporé dans le vide, il est incolore, mais verdit à l'air par suite de l'action désoxydante de la matière organique. La présence de l'acide tungstique empêche la pectisation de l'acide silicique liquide, circonstance qui est probablement liée à la formation des composés doubles de ces acides décrits récemment par M. Marignac.

Acide molybdique. — Cet acide, de même que l'acide tungstique, n'avait été connu jusqu'ici que sous sa forme insoluble. Le molybdate de soude cristallisé, dissous dans l'eau, est décomposé lorsqu'on y ajoute de l'acide hydrochlorique en excès, mais sans précipitation immédiate. L'acide liquide, jeté sur le dialyseur, se prend le plus souvent en gelée au bout de quelques heures, mais devient de nouveau liquide lorsque les sels se sont diffusés. Lorsque la diffusion a duré trois jours, il reste environ *60* pour cent d'acide molybdique à l'état de parfaite pureté. La solution d'acide molybdique pur est acide et astringente, de couleur jaune, et possède une grande stabilité. L'acide peut être desséché à 100° et chauffé ensuite à 200° sans perdre sa solubilité. Il a d'ailleurs le même aspect gommeux que l'acide tungstique soluble, et devient déliquescent lorsqu'on l'expose à l'air humide. L'un et l'autre de ces acides perdent leurs propriétés colloïdes lorsqu'on les fait digérer pendant quelque temps avec de la soude, et fournissent une variété de sels cristallisables.

—

F.-G. STRIDSBERG. SUR QUELQUES COMBINAISONS RENFERMANT DU SESQUI-CYANURE CHROMIQUE. (*Œfversigt... Comptes rendus de l'Ac. des Sc. de Stockholm*, 1863, n° 8, p. 461.)

A l'exception des renseignements généraux consignés par Berzelius, dans son *Traité de Chimie*, sur un sel jaune cristallisant

en masse confuse et qui doit être une combinaison de cyanure potassique avec du sesqui-cyanure chromique, nous ne possédons que les donnnées de Bœckmann, insérées dans la *Chimie organique* de Liebig. Dans aucun de ces deux ouvrages on ne trouve des résultats analytiques sur la composition quantitative de ce corps. Toutefois Bœckmann a ajouté à nos connaissances ce fait, que la forme cristalline de ce sel est la même que celle du cyanure ferrico-potassique ou du sel rouge de Gmelin. En l'absence des détails les plus importants, savoir la composition élémentaire quantitative, M. Svanberg a engagé M. F.-G. Stridsberg à faire de nouvelles expériences sur cette combinaison. C'est le résultat des recherches de M. Stridsberg qui fait l'objet de cette communication.

Lorsqu'on introduit du chlorure chromico-potassique en excès dans une dissolution chaude de cyanure potassique et qu'on continue à faire digérer le mélange pendant une heure, la liqueur se trouble et devient brune. Le trouble est dû au chlorure chromico-potassique en excès qui ne se dissout pas. Par la filtration on obtient une liqueur d'un beau rouge qui, au bout de quelques heures, dépose des druses de cristaux aciculaires jaune safran. Ces cristaux doivent être aussitôt recueillis et séchés, car ils ne tarderaient pas à se décomposer, en devenant plus pâles, tandis qu'ils laisseraient des taches brunes sur le papier à filtre. La même décomposition a lieu, mais plus lentement, si on les sèche sur une surface d'argile poreuse.

Ces cristaux sont du sesqui-cyanure chromico-potassique ; par la forme extérieure, ainsi que par la composition chimique, ils offrent une ressemblance frappante avec le sel rouge de Gmelin.

Ce sel a été soumis à l'analyse après avoir été autant que possible débarrassé de l'eau-mère par une forte et rapide pression dans du papier à filtre.

La dessiccation à + 150° C. n'a fourni dans deux expériences qu'une perte d'eau de 0,1 et 0,2 pour cent.

La quantité de chrome métallique, d'après trois analyses, est 15,90 ; 15,97 et 15,99 pour cent.

Pour le potassium, on a obtenu 35,89 pour cent.

Il résulte de ces nombres que ce sel est anhydre, comme le cyanure ferrico-potassique, que sa composition est également semblable à celle de ce dernier, et qu'il doit être représenté par la formule $3 K^2 Cy^2 + Cr^2 Cy^6$, ainsi que le prouve la comparaison suivante des résultats calculés et trouvés :

	Poids atomique.	Calculé.	Trouvé (moyenne)
3 K.	1466,25	36,04	35,89
2 Cr	653,50	16,06	15,95
6 Cy	1950,00	47 90	(perte) 48,16
	4069,75	100,00	100,00

Ce sel se dissout facilement dans l'eau, sans laisser de résidu, et produit une dissolution jaune tirant sur le rouge.

M. Stridsberg a observé à l'égard du précipité gélatineux qu'on obtient en versant du cyanure ferroso-potassique et du sel ammoniac dans une dissolution d'un sel chromique neutre, qu'il s'oxyde facilement après la dessiccation, lorsqu'on l'expose à l'air à une douce chaleur, et que l'oxydation est quelquefois accompagnée d'ignition dans toute la masse. Quand, avant la dessiccation, on chauffe le précipité vert avec du chlorate potassique, l'oxydation est assez violente pour produire une explosion. Bien que ce précipité n'ait pas encore été examiné d'une manière complète au point de vue de sa constitution, M. Stridsberg a cependant fait quelques expériences qui donnent des éclaircissements à cet égard. Ainsi l'analyse a montré qu'il renferme du fer et du chrôme dans le rapport d'équivalents = 1 : 3 et que la quantité de fer en équivalents est à celle du cyanogène = 4 : 15. Ces chiffres permettent d'établir la formule[1] $2 Fe^2 Cy^6 + 3 Cr^2 Cy^6$ pour représenter la composition du précipité anhydre. On peut expliquer la formation de cette combinaison par la décomposition du prussiate jaune par un sel chromique neutre, la neutralité de

[1] Formules atomiques.

la dissolution restant intacte. Une analyse complète est cependant nécessaire avant de pouvoir admettre définitivement cette formule. Ce que les résultats analytiques mettent hors de doute, c'est que l'idée qu'on avait jusqu'à présent sur la composition de ce précipité n'était point d'accord avec ce qui existe réellement et, par conséquent, que ce corps n'est point semblable à celui qui se forme quand on mélange du cyanure ferroso-potassique avec un sel ferrique.

A. Mitscherlich. Des spectres des corps simples et des corps composés. (*Poggendorff's Annalen*, t. CXXI, page 459.)

M. Mitscherlich avait démontré précédemment que les composés métalliques ont des spectres différents de ceux des métaux purs; ce chimiste a étendu depuis lors ses expériences à un très-grand nombre de corps et a publié à ce sujet un mémoire dont la longueur ne permet pas qu'on en puisse faire l'extrait; je me contenterai donc de reproduire les deux conclusions suivantes :

1° Chaque combinaison de premier ordre (binaire), qui n'est pas décomposée et qui est chauffée à une température suffisante pour devenir lumineuse, a un spectre propre et indépendant d'autres circonstances.

2° Pour les combinaisons haloïdes du baryum, à l'exception du fluorure, les distances des lignes correspondantes dans leurs spectres sont directement proportionnelles aux poids atomiques; et pour les combinaisons haloïdes du calcium et du strontium, les fluorures exceptés, elles sont inversément proportionnelles aux poids atomiques. M. D.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Fritz Mueller. Pour Darwin. (Fuer Darwin. in-8°, Leipzig, 1864).

Malgré son titre, l'ouvrage de M. F. Müller n'est point une discussion de la théorie de l'origine des espèces. Il est entière-

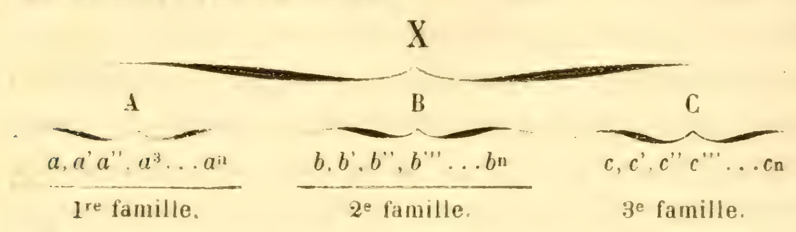
ment consacré à l'exposé d'observations minutieuses, mais les faits observés semblant à l'auteur trouver une explication relativement simple dans l'hypothèse de la transformation graduelle des espèces, il a cru pouvoir les publier sous le titre que le lecteur trouve en tête de cet extrait.

La théorie Darwin veut qu'une classification naturelle, d'un groupe d'animaux par exemple, soit en même temps l'arbre généalogique de ce groupe. M. Fritz Müller s'est efforcé d'établir cette classification et par conséquent cet arbre généalogique pour un groupe remarquable par la multiplicité des formes et en même temps fort bien connu de lui, celui des crustacés. Cet arbre une fois construit, il a déduit de sa structure même certaines conséquences nécessaires. Puis il a cherché à vérifier ces conséquences dans la nature. Ne se vérifiaient-elles point, c'était un coup fatal à la théorie Darwin ; se vérifiaient-elles, au contraire, c'était sinon une preuve, du moins une forte présomption en faveur de la théorie. Or, jusqu'ici les conséquences déduites par l'auteur se sont vérifiées. L'ouvrage de M. Fritz Müller nous présente donc un exemple remarquable de conquêtes importantes en histoire naturelle, obtenues par une méthode entièrement déductive, à l'inverse de la plupart des découvertes de la science qui sont réalisées à la suite d'un tâtonnement inductif pour ainsi dire.

Citons brièvement quelques-unes de ces déductions ingénieuses de M. Müller, confirmées plus tard par l'observation.

Les zoologistes distinguent plusieurs familles naturelles de crabes. Les espèces de l'une de ces familles, espèces que nous désignerons par *a*, *a'*, *a''*, *a'''*, etc., ont certains caractères en commun, et cela dans l'hypothèse Darwin, parce qu'elles descendent d'un ancêtre commun A, qui présentait déjà ces caractères. De même, les espèces *b*, *b'*, *b''*, *b'''*,.. appartenant à une seconde famille, présentent tous les caractères de la famille parce qu'ils les tiennent d'un ancêtre commun B, et les espèces *c*, *c'*, *c''*, *c'''*, d'une troisième famille, ont en commun certains caractères provenant d'un ancêtre C, etc. Enfin, les espèces de

toutes ces familles présentent des caractères d'ordre, communs à toutes, provenant de ce que les formes A, B, C, etc., descendaient d'un même type primitif X. En un mot, l'arbre généalogique de ces crustacés serait le suivant :



Maintenant, il est à remarquer que dans chacune de ces familles on trouve, comme exception à la vie normale des crabes, certaines espèces terrestres. Il est permis de supposer *à priori* que ces espèces doivent présenter certaines modifications de l'appareil respiratoire, permettant de respirer l'air en nature. Or, il est possible d'imaginer une multitude de dispositions pouvant conduire à ce résultat, et si chaque espèce terrestre a renoncé pour son compte graduellement à la vie aquatique, chacune d'elles présentera, selon toutes probabilités, une modification *sui generis* très-différente de celles présentées par les autres. Si l'expérience prouvait au contraire que toutes ces espèces terrestres présentent la même modification de l'appareil respiratoire, la théorie Darwin ne pourrait en rendre compte qu'en admettant que ces espèces terrestres appartenaient à diverses familles, espèces que nous pouvons désigner par a^1, b^1, c^1, etc., descendent directement d'un type commun T, qui aurait, déjà avant eux, acquis ces conditions organiques de respiration aérienne. Mais alors on voit que la théorie tomberait en contradiction avec elle-même. Car, tandis que l'étude des organes respiratoires oblige à faire descendre a^1, b^1, c^1, . . . de T, l'étude des caractères distinctifs des familles fait assigner à chacun de ces types une souche différente, puisqu'elle fait descendre a^1 de *A*, b^1 de *B*, c^1 de *C*, etc.

Les détails de l'organisation de l'appareil respiratoire chez les crabes aériens étaient jusqu'ici inconnus. C'était donc un beau champ d'investigation ouvert à M. Müller. Trouvait-il chez les

espèces terrestres de familles différentes la même disposition permettant la respiration aérienne, la théorie Darwin était irrévocablement condamnée. Découvrait-il au contraire des dispositions toutes différentes et irréductibles au même type, c'était sinon une preuve absolue, du moins une forte présomption en faveur de la théorie. Cette dernière alternative s'est trouvée seule vraie comme nous allons le voir.

Chez un Aratus qui grimpe aux branches des rhizophores et chez un Grapsus errant sur les rochers de l'île de Sta-Catharina, l'air s'introduit dans la cavité branchiale par une fente située au-dessus de la dernière paire de pieds. Ces crabes ouvrent cette fente respiratoire en soulevant l'extrémité postérieure de leur carapace. Cette ouverture se trouve donc à l'extrémité de la cavité branchiale opposée à celle par où l'eau entre et sort, car la position des ouvertures d'ingestion et d'égestion *de l'eau* est la même pour tous les crabes.

Les genres Sesarma et Cyclograpsus, appartenant comme les précédents à la famille des grapsoïdes, comptent des espèces qui vivent dans des trous du littoral. Ces espèces possèdent la même fente respiratoire postérieure, toutefois il est difficile de la voir béante parce que ces animaux ne l'ouvrent que fort rarement, et cela seulement lorsqu'ils sont restés fort longtemps hors de l'eau. Cela tient à une disposition très-curieuse qui n'existe pas chez les précédents et qui permet à ces animaux de respirer pendant longtemps l'air dissous dans l'eau qui baigne leurs branchies. En effet, la région ptérygostomienne (près de la bouche), qui sépare l'ouverture d'ingestion de l'ouverture d'égestion de l'eau, est comme réticulée et hérissée de petits poils recourbés, déjà signalés par M. M. Edwards. L'eau qui sort de l'ouverture d'égestion se répand en un clin d'œil sur ce réseau de poils et s'y sature d'air, après quoi elle est conduite par une disposition spéciale dans l'ouverture d'ingestion. La même quantité d'eau peut ainsi sortir de la cavité branchiale et y rentrer un grand nombre de fois après s'être chargée d'oxygène. Dans un air humide, cette

circulation d'eau peut s'entretenir fort longtemps. La provision d'eau une fois évaporée, le crabe recourt à l'aide de l'ouverture aérienne postérieure.

Les crabes arénicoles aux pieds agiles (Ocypodes) sont devenus tellement étrangers à la vie aquatique, qu'un séjour d'une journée dans l'eau de mer suffit pour les faire périr. Depuis longtemps, on a remarqué chez ces animaux que la troisième et la quatrième paire de pieds sont extrêmement rapprochées l'une de l'autre. Les surfaces contiguës de ces pieds, c'est-à-dire la surface postérieure pour la troisième paire et l'antérieure pour la quatrième, sont munies d'un revêtement de poils serrés sur le bord. On a supposé que ces poils avaient pour effet de diminuer le frottement des surfaces, explication qui répugne évidemment à la mécanique. M. Müller a découvert entre ces deux pieds si rapprochés et à leur base une ouverture conduisant dans la cavité respiratoire. Cette disposition existe chez plusieurs autres espèces de la famille, en particulier chez certains Gélasimes, dont les uns habitent les marais de mangliers, les autres errent dans les sables en plein midi.

On pourrait peut-être tenter de donner une explication téléologique de ces différences dans l'organisation de l'appareil respiratoire et dire que les Ocypodes, par exemple, vivant dans le sable, ont besoin d'une ouverture respiratoire plus protégée contre l'introduction des corps étrangers et par conséquent plus cachée que les Grapsoïdes. Ce raisonnement peut être réfuté par plus d'une raison. Qu'il suffise de rappeler ici, avec M. Müller, qu'un Gélasime, qui vit loin des sables en commun avec plusieurs grapsoïdes aériens dans les forêts de mangliers, présente cependant l'ouverture respiratoire cachée entre la troisième et la quatrième patte comme les ocypodides arénicoles, et non la fente postérieure des grapsoïdes.

Prenons un second exemple parmi les ingénieuses recherches de M. Müller :

Les crustacés nous présentent divers modes de développement bien distincts : le développement des podophthalmes, celui des édriophthalmes (isopodes et amphipodes) et celui des entomostracés avec les cirripèdes

Certains podophthalmes sortent de l'œuf avec leur forme définitive. C'est le cas pour l'écrevisse fluviatile et pour un Gécarcin terrestre de l'Inde. Mais tous les podophthalmes marins paraissent présenter des formes larvaires. On voit donc ici se vérifier la loi déjà évidente pour les annélides, les turbellariés et les mollusques, d'après laquelle les espèces terrestres ou fluviatiles sont dépourvues de métamorphoses, tandis que les espèces marines voisines en sont pourvues. Quoi qu'il en soit, les podophthalmes à larves paraissent se développer suivant un même plan. Brachyoures, anomoures, macroures, y compris sans doute les squillides, présentent à l'état de larve la forme de zoé. Les zoés sont des êtres entièrement dépourvus de thorax, c'est-à-dire de cette région du corps qui, chez les crabes et les écrevisses, porte les cinq paires d'appendices locomoteurs auxquels les décapodes doivent leur nom. Leur abdomen, divisé en plusieurs anneaux, et leur queue sont dépourvus d'appendices, et cette dernière est formée d'une seule pièce. Leurs mandibules sont dépourvues de palpes comme celles des insectes. Leurs pieds mâchoires, dont la troisième paire fait encore défaut, n'ont pas encore passé dans la série des organes buccaux, mais se présentent sous la forme de pieds natatoires bifurqués. Il existe toujours une carapace dont les parties latérales sont le siége de la respiration. L'eau à l'aide de laquelle cette fonction est entretenue forme un courant qui passe sous le bord de la carapace et qui est produit par le mouvement d'un appendice foliacé ou ligulé de la seconde mâchoire. Toutes ces larves ont d'ailleurs une paire de gros yeux composés, souvent susceptibles de se mouvoir, et ce caractère, joint à celui de la carapace qui recouvre la région antérieure du corps, les fait promptement reconnaître pour de jeunes podophthalmes.

Totalement différentes de ces zoés sont les larves des entomostracés et des cirripèdes (sacculinides compris), larves connues sous le nom de nauplies. Leur corps ovale est dépourvu de toute trace de division ou anneaux, il porte un petit œil frontal impair et trois paires de pieds natatoires, dont la première est simple et les deux autres sont bifurquées. Les nauplies ne présentent pas trace de carapace, ni d'yeux pairs, ni d'organes masticateurs.

Enfin, les édriophthalmes n'offrent ni phase de zoé, ni phase de nauplie.

Le fait que ces trois groupes de crustacés présentent des modes de développement essentiellement différents est assurément digne d'être relevé. La théorie Darwin, en assignant à tous ces crustacés un ancêtre commun, présuppose que cet ancêtre présentait lui-même ces différents modes de développement. Cette hypothèse paraît sans doute audacieuse. Elle n'a cependant plus rien d'invraisemblable aujourd'hui. Il était réservé à M. Müller de le démontrer par la découverte d'espèces à développement mixte, présentant les caractères de ces différents groupes.

L'espèce la plus remarquable, à ce point de vue, est un macroure du genre Peneus, qui quitte l'œuf non point sous la forme de zoé comme les autres décapodes, mais sous celle d'un vrai nauplie tout semblable aux nauplies des entomostracés. Sous les téguments de cette larve, se prépare la phase suivante sous la forme d'un petit crustacé à corps divisé en segments. Dans l'intérieur des deux premières paires de pieds natatoires se forment deux paires d'antennes, et dans l'intérieur de la dernière apparaissent de vigoureuses mandibules. En outre, de nouvelles paires d'extrémités naissent plus en arrière. Les téguments du nauplie tombent alors et il en sort une véritable zoé, ne se distinguant des zoés d'alphées ou de palémons, que par la bifurcation de sa queue qui rappelle la queue des copépodes. Les yeux composés, qui manquent encore, il est vrai, ne tardent pas à apparaître. Cette phase de zoé fait ensuite place à une phase qu'on ne peut désigner autrement que sous le nom de phase de mysis, tellement le jeune

Pénée est semblable dans cet état à un vrai schizopode. Enfin une dernière mue transforme cette pseudo-mysis en Pénée définitif. Ce singulier développement n'est point un fait isolé, car M. Müller a pu constater des phénomènes de métamorphoses successives très-semblables chez quelques espèces voisines.

Voilà donc le développement des entomostracés relié à celui des podophthalmes. La forme de nauplie est la forme la plus simple sous laquelle un crustacé puisse quitter l'œuf. La phase de zoé est une phase subséquente. Les entomostracés naissent sous forme de nauplie et atteignent leur forme définitive avant d'avoir atteint la phase de zoé. Les podophthalmes vivent relativement plus longtemps dans l'œuf, et c'est pour cela qu'ils le quittent généralement sous forme de zoé sans passer par la phase de nauplie. Quelques-uns cependant, comme les Pénées, naissent relativement de meilleure heure, et ceux-là nous présentent toute la série normale du développement d'un crustacé sans enjambement d'aucune phase.

Les édriophthalmes (amphipodes et isopodes) paraissent, eux aussi, être au fond moins différents des autres crustacés que cela ne semblerait ressortir de leur développement, très-différent de celui des podophthalmes et des entomostracés. La théorie Darwin conduit à admettre que leurs ancêtres ont dû, comme ces derniers, parcourir une phase de nauplie ou au moins de zoé, bien que ces phases soient étrangères aux espèces actuelles dont nous connaissons aujourd'hui le développement. M. Fritz Müller s'est encore chargé d'enlever à cette hypothèse son audacieuse invraisemblance. Il vient, en effet, de découvrir que les isopodes du genre Tanaïs conservent encore des caractères de zoés incontestables. M. van Beneden a déjà remarqué que la *Tanaïs Dulongii*, bien qu'un véritable isopode, n'en possède pas moins une carapace comme un décapode. Cette remarque dirigea M. Müller vers l'étude du genre Tanaïs, et bientôt il constata que ces crustacés, au lieu d'avoir des pieds abdominaux respiratoires comme les autres isopodes, n'ont que des pieds locomoteurs dans lesquels

pas un globule sanguin ne pénètre. En revanche, la respiration est localisée chez eux dans les parties latérales de la carapace, qui sont conformées à cet effet exactement comme celles des zoés. Le courant d'eau nécessaire à la respiration est entretenu comme chez les zoés et les décapodes adultes par l'exognathe de la seconde paire de maxilles, exognathe qui fait défaut à tous les autres édriophthalmes.

Les quelques exemples que nous citons ici ne forment qu'une bien faible partie du riche contingent d'observations nouvelles apporté par M. Müller à l'histoire du développement des crustacés. Mais le cadre de ce recueil nous oblige à nous restreindre. Nous renvoyons donc le lecteur à l'original pour l'examen de l'ingénieux essai de M. Fritz Müller, de ramener les nombreuses différences observées dans l'évolution de crustacés divers, à un raccourcissement, une sorte de contraction d'une partie du développement. Cette contraction porte tantôt sur certaines phases, tantôt sur d'autres qui sont alors, pour ainsi dire, enjambées. M. Müller s'élève vivement contre cette prétendue loi physiologique, qui attribue aux animaux d'un même groupe une ressemblance d'autant plus grande qu'on les compare entre eux à une époque plus précoce de leur développement. Il n'a pas de peine à démontrer que certains crustacés, proches parents les uns des autres, trahissent leur parenté d'une manière beaucoup plus évidente à l'état adulte qu'à l'état embryonnaire. Cela tient à ce que les premières phases du développement sont complétement voilées pour une partie d'entre eux par une sorte de contraction de l'évolution.

Pour terminer ce trop court aperçu, nous glanerons dans l'ouvrage de M. Müller un fait des plus curieux, celui d'un dimorphisme d'un nouveau genre chez une espèce du genre Tanaïs (*T. dubius?* Kr.). Chez cette espèce, dont les individus vivent ensemble par myriades, les jeunes mâles sont très-semblables aux femelles. Mais la dernière mue donne naissance à deux formes

de mâles bien distinctes. Les uns sont munis d'énormes pinces à mors allongé, très-mobiles, et d'antennes antérieures portant jusqu'à douze ou même dix-sept filets olfactifs, tandis que les antennes des femelles n'en portent qu'un seul. Les autres conservent des pinces courtes et lourdes très-semblables à celles des femelles, en revanche leurs antennes portent des filets olfactifs incomparablement plus nombreux que ceux de la première forme de mâles.

Le fait singulier de ce dimorphisme des mâles chez le *Tanaïs dubius* ne semble point inexplicable à M. Müller dans l'hypothèse de Darwin. L'élection naturelle a dû tendre à favoriser les variétés dans lesquelles les mâles pouvaient le plus facilement s'assurer la possession des femelles. C'est ainsi que, d'une part, les mâles munis de pinces vigoureuses et mobiles propres à saisir les femelles, et, d'autre part, ceux munis d'organes olfactifs propres à les mettre sur la piste des femelles, ont seul triomphé dans le combat de la vie. Quelque opinion que l'on ait sur la valeur de cette explication, le fait en lui-même n'en offre pas moins d'intérêt.

Dr Oscar Schmidt. Supplément aux éponges de l'Adriatique (*Supplement der Spongien des adriatischen Meeres, enthaltend die Histiologie und systematische Ergænzungen*. Mit 4 Kupfertafeln. gr.-4°. Leipzig, 1864).

M. Schmidt vient de publier un supplément à ses Recherches sur les éponges de l'Adriatique [1], contenant non-seulement la description zoologique de nombreuses espèces nouvelles, mais encore une étude histiologique des spongiaires en général à un point de vue fort nouveau. Les travaux récents de MM. Schultze, Brücke, Hæckel et autres relatifs à la théorie de la cellule, ont eu une influence évidente sur les vues de l'auteur, comme celui-ci est d'ailleurs le premier à le reconnaître. Espérons que les

[1] Voyez *Archives*, 1863, tome XVI, page 335.

principes séduisants de la nouvelle école n'auront pas eu d'action trop profonde sur l'interprétation d'images microscopiques, d'appréciation souvent difficile.

Quoi qu'il en soit, le travail de M. Schmidt est une réaction évidente contre la tendance mise au jour par M. Lieberkühn à interpréter le corps entier des spongiaires comme une aggrégation de cellules distinctes. La nouvelle école histiologique a établi une différence anatomique jusqu'ici non soupçonnée entre le règne animal et le règne végétal : Les végétaux sont de simples aggrégats de cellules, les animaux renferment au contraire toujours certains tissus résultant de la fusion intime de groupes de cellules en unités d'ordre histiologique supérieur. A ce point de vue tout morphologique, les spongiaires, s'ils sont constitués comme M. Lieberkühn le représente, devraient être rangés parmi les végétaux, et cette opinion a déjà trouvé un représentant dans M. Hæckel.

Les spongiaires sembleraient donc rentrer dans ce règne végétal d'où les travaux récents de MM. Bowerbank et Lieberkühn paraissaient les avoir définitivement éloignés. Tel n'est point cependant l'avis de M. Schmidt, lequel vient nous montrer que les spongiaires doivent être considérés comme des animaux, même au point de vue histiologique de la nouvelle école cellulaire. D'après ce savant, la couche corticale de tous les spongiaires, c'est-à-dire, celle qui présente les pores d'ingestion, est formée de sarcode (soit protoplasma) amorphe, très-semblable à celui des rhizopodes. Chez beaucoup d'espèces, appartenant en particulier à la famille des céraospongiaires, ce sarcode liquide montre une tendance à se solidifier, surtout sur les bords de l'animal, à son point de contact avec les corps étrangers. Là se trouvent des expansions membraneuses, très-élastiques, qui passent graduellement au sarcode contractile normal avec ses pores susceptibles d'occlusion. Dans le sarcode sont disséminées des aggrégations de granules, simulant quelquefois à s'y méprendre des cellules, des fibres fusiformes, sans en avoir cependant la valeur morphologique.

Ainsi, selon M. Schmidt, toute la couche corticale des éponges ne serait qu'une masse de sarcode pleine de granules, susceptible d'être considérée comme due à la coalescence du protoplasma d'une foule de cellules imparfaitement différenciées[1]. En revanche, l'auteur reconnaît pleinement l'existence d'éléments celluleux dans le centre des spongiaires : ainsi, des paquets de cellules qu'il considère comme des ovaires, puis les cellules ordinaires des éponges des auteurs, dont une partie engendrent des aiguilles de silice dans leur intérieur chez les halichondries, enfin les appareils vibratiles, les embryons, etc. Ces cellules sont réunies ensemble par du sarcode amorphe.

Voilà dès lors des tissus de catégories bien différentes dans le corps des spongiaires, et pour compléter le tableau histiologique, il ne reste plus qu'à jeter un coup d'œil sur les fibres et les fibrilles des éponges cornées. Les unes et les autres sont dues, selon M. Schmidt, à une transformation du sarcode. Elles constituent le sarcode *formé*, par opposition au sarcode *amorphe*. Chez l'éponge commune, on observe à la base de l'organisme des fibres cornées qui s'étendent au delà du bord membraneux du sarcode pour s'attacher isolément à la pierre ou au fucus. Ce sont les *fibres radicales* de M. Schmidt. Le mode de production de ces fibres est fort simple. La base de l'animal émet de petits prolongements de sarcode contractile, qui ne tardent pas à se solidifier et à perdre par conséquent leur contractilité. La solidification commence dans l'axe du cordon de sarcode et chemine graduellement jusqu'à la surface. Dans toutes les fibres en voie de production, la couche corticale est moins solide que l'axe de la fibre : c'est du sarcode encore imparfaitement solidifié. Toutes les couches de la fibre prennent part, en outre, à l'accroissement

[1] Il ne faut pas oublier que d'après M. Lieberkühn, les cellules des éponges peuvent s'unir dans certains cas si intimement les unes aux autres, qu'il n'est plus possible d'en discerner les limites. Il est donc évident que des apparences identiques sont interprétées d'une manière un peu différente par ces deux savants.

en longueur, mais de telle sorte que le centre de la fibre précède dans sa croissance les couches périphériques.

Ce que nous venons de voir pour les fibres radicales est aussi vrai pour les fibres intérieures de l'éponge et pour les fibrilles des Filifères. Il s'agit toujours de sarcode primitivement amorphe et plus tard solidifié. Les minces fibrilles des Filifères, dont le rôle dans l'organisme semble encore un peu problématique, offrent, selon M. Schmidt, un exemple de génération de cellules exogène, libre. Chacune d'elles se termine par un capitule arrondi, que l'auteur décrit comme une capsule dans l'intérieur de laquelle se produit une véritable cellule nucléée. La fibrille non cellulaire serait donc susceptible d'engendrer une cellule, susceptible sans doute de s'échapper par déhiscence de la capsule enveloppante[1]. Le rôle de ces cellules est d'ailleurs entièrement problématique.

Si toutes les observations de M. Schmidt sont justement interprétées, les spongiaires restent bien dans les limites du règne animal, même au point de vue histiologique de la nouvelle école. D'ailleurs, ce point de vue n'est point à l'abri de toute conteste. M. Cienkowski vient en effet de montrer que le plasmodium des myxomycètes naît de la fusion du protoplasma de cellules primitivement distinctes, mais qui perdent leur individualité dans le stade amœbéen du plasmodium, pour la recouvrer plus tard pendant la fructification.

Relativement à la question de l'individualité des éponges, M. Schmidt est disposé à considérer comme des individus uniques tous les spongiaires munis d'un seul oscule d'éjection, surtout les calcispongiaires à structure évidemment rayonnée, et comme des colonies polyzoaires tous les spongiaires à oscules multiples. Les premiers ont évidemment un système de canaux aquifères unique, commun à tout l'organisme; les seconds en offrent plusieurs.

[1] Nous avouons avoir souvent observé ces capitules sans avoir réussi à découvrir dans leur intérieur le nucléus de la cellule décrite par M. Schmidt. E. C.

Prof. A. Kölliker. Atlas d'histiologie comparée (*Icones histiologicæ, oder Atlas der vergleichenden Gewebelehre, herausgegeben von A. K. Erste Abth.* Leipzig, 1864, grand in-4°).

L'*Atlas d'histiologie comparée* de M. Kölliker a plus d'importance que le titre ne le ferait supposer au premier abord. De simples figures d'histiologie, accompagnées d'une laconique explication, ne seraient que d'une médiocre utilité. L'auteur l'a compris, et l'étendue du texte qu'il a joint aux planches fait de son œuvre un véritable traité d'histiologie comparée. Le plan de ce traité comporte, il est vrai, une grande concision, puisque l'auteur ne prétend exposer que l'état actuel de la science et laisse de côté tous les détails historiques. C'est, dans tous les cas, un riche complément au seul traité d'histiologie comparée que nous possédions jusqu'ici, celui de M. Leydig.

La première livraison (84 pages et 9 planches), la seule jusqu'ici parue, est consacrée à la structure des protozoaires. L'auteur s'est emparé de l'heureuse idée de M. Max Schultze, qui assimile le sarcode, si répandu dans cet embranchement, au protoplasma des cellules et qui fait d'un rhizopode, par exemple, l'équivalent d'une masse de cellules non arrivées à différenciation. M. Kölliker examine successivement les grégarinides, les infusoires, les rhizopodes, les radiolaires et les spongiaires. Il expose avec clarté, concision et critique les résultats essentiels des nombreux travaux dont ces différentes classes ont été l'objet durant ces dernières années. Partout il trouve d'ailleurs à faire valoir ses observations propres. Les résultats de ses recherches individuelles ne présentent rien qui doive être signalé ici relativement aux quatre premières de ces classes, sauf peut-être la persistance de l'auteur dans son ancienne idée, que les infusoires sont des animaux unicellulaires. Il n'en est pas de même pour ce qui concerne la cinquième classe, celle des spongiaires, où l'auteur fait preuve d'une expérience personnelle bien plus étendue et d'autant plus précieuse que la structure de ces animaux donne lieu aujourd'hui à plus d'une discussion.

Les observations de M. Kölliker sur l'histiologie des spongiaires s'écartent moins de celles de M. Lieberkühn que celles de M. Schmidt, dont nous venons de rendre compte[1]. L'auteur trouve, en effet, des cellules non-seulement dans le parenchyme central, mais encore dans la couche corticale de beaucoup d'espèces, cellules qui sont, il est vrai, dépourvues d'enveloppe. Elles sont séparées les unes des autres par une substance intercellulaire d'abondance très-variable. Cependant M. Kölliker trouve bien, comme M. Schmidt, dans certaines éponges un parenchyme ne renfermant que des noyaux disséminés et pas de vraies cellules. Il arrive donc à la conclusion qui découle déjà, pour ainsi dire, des recherches de M. Lieberkühn, que le protoplasma des spongiaires peut se présenter tantôt sous la forme d'une masse semée de nucléus, tantôt sous celle de cellules agglomérées.

Les fibres cornées des céraospongiaires, dépourvues de toute structure cellulaire, ont aux yeux de M. Kölliker une valeur histologique tout autre qu'à ceux de M. Schmidt. Il les considère comme des organes extracellulaires, sécrétés par la surface des cellules de parenchyme ; les fibres seraient dans ce cas histologiquement comparables aux dépôts de chitine des arthropodes et aux autres formations dites *cuticulaires*. Cette opinion est inconciliable avec celle de M. Schmidt, qui assimile les fibres cornées à du protoplasma solidifié. Nous devons dire, toutefois, que M. Schmidt paraît avoir suivi de plus près la formation des fibres cornées que M. Kölliker.

Relativement aux fibrilles des filifères, M. Kölliker émet une opinion entièrement nouvelle, c'est qu'elles ne font point partie intégrante de ces spongiaires. Ce seraient des parasites végétaux. Le capitule qui termine l'une des extrémités de chaque fibrille devrait alors être considéré comme la spore d'où le filament serait sorti. M. Schmidt aurait donc bien raison de considérer ce capi-

[1] Bien que postérieur au mémoire de M. Schmidt, le livre de M. Kœlliker a paru trop peu de temps après lui pour avoir pu en tenir compte.

tule comme renfermant une cellule. Quelque inattendue que soit cette manière de voir, elle mérite d'être prise en sérieuse considération.

L'auteur s'est livré à des recherches intéressantes sur les corps siliceux si polymorphes des Halichondries, et il en figure des types nombreux à forme élégante. Le canal axial décrit dans les aiguilles de silice par tous les auteurs récents, devra changer de nom. M. Kölliker prouve, en effet, qu'il s'agit non d'un canal, mais d'un *fil* central, solide, qu'on peut isoler en dissolvant la silice par l'action de l'acide fluorhydrique. Ce fil peut être facilement carbonisé ; il est donc formé par une substance organique. En outre, la partie siliceuse de l'aiguille est en réalité souvent formée de nombreuses couches de silice alternant avec de minces couches de matière organique, comme M. Max Schultze s'en est déjà assuré il y a quelques années par une calcination lente des aiguilles de Hyalonema. La fibre axiale organique se prolonge aux deux extrémités au delà de la masse siliceuse, si bien que les deux pointes de l'aiguille paraissent être formées par la matière organique seule. Diverses observations semblent montrer que dans certaines circonstances les éponges peuvent dissoudre et résorber des concrétions siliceuses précédemment formées dans leur intérieur. C'est ainsi qu'on rencontre des aiguilles de silice perforées d'une foule de petits canaux creusés selon toute vraisemblance sous l'influence du parenchyme mou (peut-être par des processus des cellules).

A.-J. MALMGREN. OM TANDBYGGNADEN, etc. SUR LA DENTITION DU MORSE ET SON CHANGEMENT DE DENTS A L'ÉTAT FŒTAL (*Œfversigt af Kong. Vetensk. Akad. Færhandlingar*, 1863, n° 10, p. 505).

Un très-grand nombre d'auteurs se sont occupés de la dentition du morse : ainsi Camper, Rudolphi, Wiegmann, Cuvier, M. Nilsson, M. Jæger, M. Owen et surtout M. Rapp. Cependant

le désaccord le plus complet règne entre ces autorités relativement à la formule dentaire de ce pinnipède. Cela tient à ce que l'animal perd des dents avec l'âge et aussi à ce que l'on n'a pas toujours pu faire une distinction suffisante entre les dents de lait et les dents de remplacement. M. Rapp était jusqu'ici le seul anatomiste qui eût pu disposer d'un fœtus de morse.

M. Malmgren saisit donc avec joie l'occasion d'élucider cette question, occasion qui lui fut fournie lorsque l'expédition du Spitzberg rapporta un embryon de morse en juillet 1861. Plusieurs têtes de jeunes individus et d'adultes le mirent à même de compléter cette étude.

La dentition de lait complète se compose avant la naissance de six incisives à chaque mâchoire, et d'une canine, plus quatre molaires de chaque côté de chaque mâchoire, soit 32 dents en tout. La formule dentaire est donc à cette époque de la vie $\frac{3-3}{3-3}, \frac{1-1}{1-1}, \frac{4-4}{4-4}$. Une partie de ces dents sont détruites totalement ou presque totalement avant la naissance : ce sont la paire interne d'incisives de chaque mâchoire, la première molaire de la mâchoire supérieure, la seconde molaire de la mâchoire inférieure et la troisième molaire de chaque mâchoire. Peu de temps après la naissance, au commencement de la lactation, on voit disparaître l'incisive moyenne de chaque côté de la mâchoire inférieure, les canines supérieures et inférieures, la première molaire de la mâchoire inférieure et la seconde de la supérieure, ainsi que les incisives externes des deux mâchoires. Les incisives de la seconde paire à la mâchoire supérieure sont les dents de lait dont la durée est la plus longue. Cependant elles disparaissent en général avant que le petit ait quitté la dépendance de sa mère, ce qui a lieu vers l'âge de deux ans. Chez quelques individus l'on voit persister l'une ou l'autre de ces dents jusqu'à la troisième ou même la quatrième année, ce qui a donné lieu à certaines appréciations erronées.

La seconde dentition est déjà toute formée chez l'embryon avant la naissance et peut s'exprimer par la formule : $\frac{1-1}{0}, \frac{1-1}{1-1}, \frac{3-3}{3-3}$

$= 18$. Les dents dont elle se compose sont très-différentes de celles de la première dentition, car elles ont une racine creuse, tandis que ces dernières ont une racine conique et solide. Il ne peut y avoir de doute sur l'interprétation de la dent permanente la plus antérieure à la mâchoire inférieure comme canine et non comme molaire. Elle est séparée en effet des molaires, chez le fœtus, par une véritable *barre*, par un espace trois fois plus grand que celui qui sépare les molaires les unes des autres. En outre, cette dent succède à une dent de lait que sa forme particulière doit faire considérer comme une canine. D'ailleurs la position de la canine définitive, relativement à la canine de lait, est très-différente de celle des molaires de remplacement, relativement aux molaires de lait.

Le changement de dentition, pendant l'état fœtal, n'est point particulier aux morses, mais existe aussi chez tous les phoques, de même que chez les talpides et les soricides. Toutefois la dentition de lait des otaries, des halichœres et des phoques, se distingue de celle des morses à plusieurs égards. Elle compte en particulier $\frac{3-3}{2-2}$ incisives, et celle des morses $\frac{3-3}{3-3}$. La présence d'une incisive de plus à la mâchoire inférieure du morse mérite bien d'être relevée. En effet, MM. Steenstrup et Sundevall ont montré, par des considérations ostéologiques, que les morses doivent occuper dans un système naturel une place intermédiaire entre les phocides et les mustélides (plus particulièrement les Loutres et les Enhydris). Or, au point de vue du nombre des incisives, les morses se comportent, on le voit, comme les mustélides et non comme les phoques. Une seconde particularité de la dentition du morse, dont il est difficile d'apprécier la portée, c'est que le nombre des dents de lait est supérieur à celui des dents permanentes. L'inverse a lieu chez les phocides, qui comptent $\frac{3-3}{3-3}$ molaires à la dentition de lait, et $\frac{5-5}{5-5}$ à la dentition de remplacement, tandis que les morses en comptent $\frac{4-4}{4-4}$ à la première et $\frac{3-3}{3-3}$ à la seconde.

L'auteur paraît pencher pour une réunion de la famille des pinnipèdes à celle des mustélides, réunion qui paraîtra sans doute audacieuse à plus d'un lecteur, malgré les affinités que nous venons de rappeler.

Prof. OWEN. ON THE ARCHÆOPTERYX, etc. SUR L'ARCHÆOPTERYX DE M. H. VON MEYER (*Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1863, p. 33.)

Les *Archives* ont précédemment rendu compte de la découverte d'animaux vertébrés munis de plumes dans les schistes lithographiques de Solenhofen en Bavière. La première publication de ce fait important était due à feu Andréas Wagner qui ne connaissait, il est vrai, l'échantillon que par un rapport de M. Witte, du Hanovre. D'après les renseignements qu'il obtint, ce savant considéra les caractères de reptiles comme prédominant dans ce curieux fragment.

Depuis lors ce fossile remarquable a passé des mains de son premier possesseur, M. Heberlein, de Pappenheim, dans la collection du British Muséum où M. Owen a pu en faire une étude plus approfondie. Les conclusions de l'illustre paléontologiste anglais sont moins surprenantes que les conjectures du savant bavarois, sans que ce fossile remarquable perde pour cela de son intérêt. Le vertébré ailé de Solenhofen n'était point un reptile emplumé, mais bien un oiseau, singulièrement différent, il est vrai, de ceux de la nature actuelle. La forme du pied, la conformation du bassin, la structure de la plus grande partie de l'aile, la pneumaticité des os et l'existence même des plumes assigne à ce singulier animal une place incontestable parmi les oiseaux. En revanche, il s'écartait de tous les oiseaux actuels, d'une part, par l'existence probable au membre antérieur de 2 doigts onguiculés, libres de l'aile, et d'autre part, par l'existence d'une longue queue composée d'une vingtaine de vertèbres. Le dernier caractère, surtout, a droit de surprendre, si l'on considère que tous les oiseaux de la nature actuelle présentent une

queue courte, condensée pour ainsi dire, et présentant le plus souvent une coalescence des vertèbres terminales en un os unique de forme spéciale. Toutefois, il est à remarquer que chez les embryons des oiseaux, les vertèbres caudales sont distinctes et souvent nombreuses. Chez les jeunes autruches, M. Owen a compté jusqu'à 18 ou 20 vertèbres libres entre les os iliaques, en arrière de la cavité acétabulaire. Ce nombre est plus tard considérablement diminué par la coalescence de 7 ou 8 vertèbres avec le sacrum et la réunion de deux ou trois autres en un os styliforme terminal.

L'oiseau de Solenhofen nous offre donc un exemple de persistance pendant toute la vie d'un état qui n'existe que transitoirement pendant la période embryonnaire chez les représentants modernes de la classe. Il s'agit donc d'une forme inférieure de ce groupe moins différente que les autres oiseaux du type vertébré fondamental. L'anomalie de l'aile doit être considérée de la même manière : la persistance de deux doigts onguiculés devant être considérée comme une moindre déviation du type normal du membre antérieur que l'aile des autres oiseaux.

Le vertébré ailé de Solenhofen prenant ainsi place dans la série des oiseaux, il n'est guère possible de lui conserver le nom de *Gryphosaurus* proposé M. Wagner. M. Owen lui attribue le nom générique d'Archæopteryx établi par M. Hermann de Meyer pour une plume fossile de Solenhofen. Il est, il est vrai, difficile de démontrer que cette plume ait bien appartenu à l'espèce dont nous possédons aujourd'hui une grande partie du squelette. Fort de cette incertitude, M. Owen rejette, comme soulevant de nombreuses objections, le nom spécifique de *lithographica* de H. von Meyer et y substitue celui d'*Archæopteryx macrura*.

BOTANIQUE.

L. RABENHORST. FLORA EUROPÆA. ALGARUM AQUÆ DULCIS ET SUBMARINÆ. *Sect. 1. Algas Diatomaceas complectens. Cum figuris generum omnium xylographice impressis.* Lipsiæ apud E. Kummerum, 1864. Un volume de 360 pages en grand in-8°.

Après la définition générale des Algues, l'auteur, d'accord avec les recherches récentes sur cette famille, donne le conspectus des cinq classes d'Algues, basées d'un côté sur la nature siliceuse ou non siliceuse du derme des cellules, et de l'autre côté sur la couleur du contenu des cellules, qui est due à la présence du phycochrome, de la chlorophylle, de matières brunes ou roses, et où, avec ces couleurs différentes, se présentent en même temps des réactions chimiques distinctes. Les cinq classes, ainsi caractérisées, sont les suivantes : 1° les Diatomophycées ; 2° les Phycochromophycées ; 3° les Chlorophyllophycées ; 4° les Mélénophycées ; 5° les Rhodophycées.

Les Diatomophycées sont ensuite divisées en 14 groupes appelés familles, et constituent la première et la seule partie de l'ouvrage qui ait paru jusqu'à présent. Les genres, en ne comptant pas quelques exotiques mentionnés çà et là, sont au nombre de 92, qui appartiennent strictement à l'Europe. Ils sont exposés, au commencement, sous forme de conspectus, sont accompagnés de figures lithographiées, représentant les caractères distinctifs. Dans le texte proprement dit, quatre dessins ont en outre été ajoutés pour faciliter l'intelligence de certains genres ou de sections de genres. Le texte, pour les espèces vivantes et fossiles, comprend 300 pages environ, et deux index, l'un pour les noms de genres et d'espèces admis, l'autre pour les synonymes, terminent cet intéressant ouvrage.

La partie publiée, comme nous l'avons dit, ne contient que les Diatomacées, ces êtres infiniment petits, si répandus et si communs partout, formés d'une seule cellule, dont la membrane présente de la cellulose, et entourés d'une carapace bivalve, sili-

ceuse, indestructible par le feu, ces êtres qui, en tant que végétaux, sont aussi extraordinaires par l'élégance de leurs formes mathématiques que par leur carapace, et qui, pour l'étude convenable, présentent et présenteront toujours des difficultés sérieuses. Aux difficultés inhérentes à la nature même des objets, il s'en était encore ajouté, depuis quelques années, d'autres qui provenaient d'une foule de publications éparses, difficiles à se procurer. Le Dr Rabenhorst, si versé dans cette branche, a donc rendu un véritable service à ceux qui veulent s'occuper de ces intéressants objets microscopiques. Rien de plus clair, en effet, que l'exposé succinct des genres, accompagné de figures très-nettes et très-bien choisies, comme le même auteur l'avait déjà fait, du reste, dans sa *Kryptogamen-Flora von Sachsen und der Oberlausitz*, publiée en 1863 et accueillie partout avec une faveur si bien méritée. Cet exposé, par sa frappante simplicité, ne sera pas seulement très utile aux novices, mais aussi aux personnes déjà versées dans l'étude des Diatomacées, de sorte que chacun le consultera avec profit.

Pour faciliter l'étude des espèces, l'auteur, autant que cela se pouvait, a introduit, au moins dans les plus grands genres, de nombreuses divisions, et là encore, comme pour les genres, nous voyons le même esprit pratique dominer dans l'arrangement des détails. Un bon nombre d'espèces peu marquées, ne présentant évidemment que des variétés ou des formes d'espèces communes et polymorphes, ayant des caractères distinctifs moins importants que les vraies espèces, ont pu être réduites en synonymes ou subordonnées à des espèces plus anciennes, comme simples variétés. On ne saurait que féliciter l'auteur d'être, du moins partiellement, entré dans cette voie si nécessaire lorsqu'on veut arriver à une appréciation philosophique de l'espèce, dans une famille de plantes où jusqu'à présent on ne connaissait guère que des formes. Aussi doit-on désirer vivement que l'auteur puisse bientôt offrir la suite de son ouvrage et y arriver à des résultats aussi satisfaisants.

Après l'exposé trop succinct de quelques-uns des mérites de l'ouvrage, il nous sera permis de relever quelques détails. On aimerait voir les auteurs et la synonymie cités non-seulement pour les genres et les espèces, mais aussi pour les divisions appelées classes et familles. En second lieu, on ne comprend guère ni la nécessité, ni l'utilité, ni même la légalité de changer pour la même chose l'ancien nom de Diatomées ou Diatomacées en Diatomophycées, et ceux de Chromophycées et Chlorophycées, déjà publiés antérieurement et parfaitement clairs et bons, en des termes aussi disgracieux que Chlorophyllophycées et surtout Phycochromophycées. Enfin, il est regrettable qu'aux pages 75 et 257, il y ait deux genres nouveaux, distincts, sous le même nom d'Amphicampa.

M.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE JANVIER 1865.

Le 1er, il a neigé à plusieurs reprises dans la journée . hauteur de la neige 7^{mm}.

3, de 5 h. 30 m. à 7 h. 30 m. du soir, couronne lunaire à plusieurs reprises.

5, couronne lunaire dans la soirée.

8, halo solaire de 10 h. à 3 h. ; de midi à 1 h. il était très-beau. Halo lunaire et couronne lunaire une grande partie de la soirée.

11, couronne lunaire et halo lunaire dans la soirée.

12, brouillard tout le jour, très-intense le soir.

14, quelques coups de tonnerre au Sud-Est, de 1 h. 30 m. à 1 h. 45 m. : le plus fort a eu lieu à 1 h. 40 m.

16, dans la journée et dans la nuit suivante, il a neigé ; le lendemain matin la hauteur de la neige était de 55^{mm}.

19 et le 20, dans la matinée, il a neigé ; hauteur de la neige 60^{mm}. La neige a disparu de la plaine le 21.

22, forts coups de vent du SO. dans la nuit du 21 au 22.

27, de 3 h. à 6 h. 15 m. du matin, éclairs et tonnerres; les éclairs sont très-intenses vers 6 h. ; entre 5 h. 30 m. et 5 h. 45 m. du soir, pluie mêlée de grêlons.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
		Le 1, à 6 h. matin ..	718,24
Le 2, à 10 h matin...	721,43	3, à midi..........	713,71
5, à 8 h. matin...	734,98	6, à 2 h. soir	730,31
7, à 10 h. matin...	737,23	9, à 2 h. soir......	728,41
10, à 10 h. matin...	730,45	14, à 11 h. matin....	709,83
14, à 8 h. soir	715,80	16, à 10 h. soir......	706,14
20, à 6 h. matin...	719,19	22, à 6 h. matin....	716,03
23, à 10 h, matin...	725,89	27, à 4 h. soir......	711,93
29, à 10 h. matin...	726,45		

GENEVE. — JANVIER 1865.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Ecart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Ecart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Ecart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minimum.	Fract. de saturation. Maximum.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Ecart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi
	millim.	millim.	o	o	o	o	mm	mm					mm.				o		pouces
1	718,82	— 8,65	— 0,13	+ 0,16	— 3,0	+ 2,3	4,34	+0,36	952	+ 83	800	1000	1,5	6	SSO. 1	1,00	...	....	30,3
2	721,11	— 6,37	+ 0,47	+ 0,79	— 0,2	+ 1,8	4,24	+0,26	907	+ 38	810	960	..	..	NE. 1	1,00	5,2	0,0	30,2
3	715,48	—12,01	+ 0,26	+ 0,61	— 1,9	+ 2,8	4,11	+0,13	886	+ 17	750	960	...	..	variable	0,70	5,2	+ 0,1	30,0
4	730,04	+ 2,54	— 0,60	— 0,23	— 1,2	+ 1,2	3,86	—0,12	895	+ 26	780	930	...	..	variable	0,89	5,0	— 0,1	29,5
5	734,38	+ 6,87	+ 0,91	+ 1,30	— 4,3	+ 8,5	4,24	+0,26	860	— 9	620	1000	...	..	SSO. 1	0,22	5,0	0,0	29,5
6	731,26	+ 3,75	+ 3,52	+ 3,93	— 2,0	+10,7	4,41	+0,41	742	—127	560	930	...	..	SO. 2	0,90	5,1	+ 0,1	29,3
7	736,17	+ 8,66	+ 2,23	+ 2,65	+ 0,4	+ 5,6	3,10	—0,89	597	—272	400	750	...	..	NNE. 2	0,29	5,1	+ 0,2	29,0
8	732,26	+ 4,75	— 2,30	— 1,87	— 7,0	+ 4,0	3,43	—0,57	874	+ 5	570	1000	...	..	variable	0,43	...	.....	29,0
9	728,76	+ 1,25	+ 4,53	+ 4,97	— 3,0	+10,5	4,74	+0,74	743	—126	430	940	0,2	1	SO. 1	0,77	5,5	+ 0,7	29,0
10	729,58	+ 2,07	+ 3,23	+ 3,68	— 0,2	+10,0	5,01	+1,00	874	+ 5	620	980	...	..	SO. 1	0,33	5,2	+ 0,4	29,0
11	723,69	+ 1,18	+ 0,44	+ 0,90	— 1,1	+ 4,0	4,48	+0,47	957	+ 89	820	1000	...	..	S. 1	0,83	5,2	+ 0,5	29,0
12	722,48	— 5,03	+ 0,02	+ 0,49	— 1,6	+ 1,3	4,57	+0,56	999	+131	940	1000	...	..	S. 1	1,00	5,2	+ 0,5	29,0
13	716,51	—10,99	+ 2,67	+ 3,13	— 2,9	+ 6,4	4,65	+0,63	826	— 42	540	1000	6,8	5	SSO. 2	0,89	5,0	+ 0,3	29,0
14	713,21	—14,29	+ 6,84	+ 7,29	+ 2,6	+10,3	4,96	+0,94	653	—214	500	750	7,1	6	SO. 3	0,93	5,2	+ 0,6	29,0
15	714,61	—12,88	+ 2,23	+ 2,67	+ 0,5	+ 4,9	4,15	+0,12	792	— 75	680	910	0,3	2	SSO. 2	0,94	...	.....	29,0
16	709,68	—17,80	+ 1,40	+ 1,82	— 0,2	+ 4,0	4,20	+0,16	841	— 25	720	970	0,4	2	SSO. 1	0,98	4,9	+ 0,3	29,0
17	708,10	—19,37	— 0,55	— 0,15	— 3,2	+ 2,2	3,93	—0,11	902	+ 36	780	970	4,7	4	SSO. 1	0,67	4,9	+ 0,3	29,0
18	712,05	—15,41	— 0,68	— 0,30	— 4,6	+ 1,5	4,03	—0,02	916	+ 51	820	990	0,3	2	SSO. 2	0,87	4,9	+ 0,4	29,0
19	717,90	— 9,55	+ 0,31	+ 0,67	— 1,6	+ 2,1	3,77	—0,29	807	— 57	650	940	0,3	2	SSO. 2	0,90	4,7	+ 0,2	29,2
20	718,78	— 8,65	+ 1,54	+ 1,87	— 0,5	+ 4,6	4,56	+0,49	901	+ 37	690	1000	3,2	5	SSO. 2	1,00	4,7	+ 0,2	29,0
21	717,43	— 9,98	+ 3,72	+ 4,02	+ 2,8	+ 6,0	5,16	+1,08	874	+ 11	770	920	0,6	2	NNO. 1	1,00	4,9	+ 0,4	29,0
22	717,29	—10,10	+ 6,31	+ 6,58	+ 4,4	+ 7,7	5,58	+1,49	788	— 74	680	900	10,8	6	SSO. 2	0,98	...	....	29,0
23	724,65	— 2,72	+ 2,17	+ 2,40	+ 0,5	+ 7,0	3,60	—0,50	689	—172	540	810	0,4	2	variable	0,78	5,0	+ 0,5	29,0
24	722,43	— 4,92	+ 6,74	+ 6,93	0,0	+13,7	5,35	+1,24	729	—131	440	960	1,5	1	variable	0,79	5,0	+ 0,6	29,0
25	720,81	— 6,52	+10,41	+10,56	+ 8,6	+14,3	7,07	+2,95	747	—112	590	880	0,3	2	SO. 2	1,00	5,4	+ 1,0	30,3
26	717,48	— 9,82	+ 8,46	+ 8,57	+ 7,0	+11,9	7,60	+3,48	928	+ 71	840	960	1,7	6	N. 1	1,00	5,5	+ 1,1	30,5
27	712,62	—14,66	+10,73	+10,79	+ 7,0	+14,1	6,58	+2,45	690	—166	530	780	5,3	5	SSO. 2	0,86	5,8	+ 1,4	31,7
28	719,02	— 8,23	+ 1,99	+ 2,00	+ 0,6	+ 9,5	3,73	—0,40	692	—163	530	780	...	..	variable	0,77	5,6	+ 1,2	32,7
29	724,94	— 2,26	— 1,10	— 1,14	— 4,0	+ 2,0	3,48	—0,66	837	— 17	720	950	...	..	NNE. 2	0,04	...	....	33,8
30	717,93	— 9,26	+ 0,20	+ 0,11	— 4,5	+ 3,1	4,11	—0,04	865	+ 13	750	940	...	..	variable	0,98	4,8	+ 0,4	34,0
31	716,76	—10,40	+ 3,76	+ 3,61	+ 1,4	+ 7,8	4,93	+0,78	838	— 12	610	950	0,6	2	variable	0,73	5,0	+ 0,6	34,0

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1865

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	727,79	728,14	728,33	727,59	727,37	727,66	728,03	728,56	728,78
2e »	716,20	716,31	716,51	716,25	716,05	716,26	716,23	716,24	716,20
3e »	719,11	719,60	719,99	719,61	719,03	718,77	718,80	718,88	718,68
Mois	720,97	721,29	721,56	721,10	720,76	720,83	720,95	721,15	721,14
Température.									
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	— 1,18	— 1,04	+ 1,22	+ 3,88	+ 4,58	+ 3,45	+ 2,03	+ 0,90	+ 0,55
2e »	+ 0,43	+ 0,92	+ 2,33	+ 3,04	+ 2,93	+ 2,17	+ 1,58	+ 1,10	+ 0,90
3e »	+ 3,51	+ 3,91	+ 4,83	+ 6,23	+ 6,75	+ 6,46	+ 4,85	+ 4,80	+ 4,78
Mois	+ 1,00	+ 1,35	+ 2,86	+ 4,44	+ 4,82	+ 4,11	+ 2,88	+ 2,35	+ 2,16
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	3,91	3,85	4,03	4,18	4,23	4,38	4,45	4,33	4,21
2e »	4,30	4,39	4,49	4,73	4,53	4,36	4,13	4,11	4,15
3e »	5,17	5,10	5,21	5,27	5,09	5,12	5,32	5,36	5,37
Mois	4,48	4,47	4,60	4,74	4,63	4,64	4,65	4,63	4,60
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade,	928	907	805	705	658	748	833	884	884
2e »	904	893	830	827	805	824	811	837	860
3e »	831	820	779	720	688	692	803	807	816
Mois	886	872	804	750	716	753	815	842	852

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	o	o		o	mm	p.
1re décade,	— 2,24	+ 5,74	0,65	5,16	1,7	29,5
2e »	— 1,26	+ 4,13	0,90	4,97	23,1	29,0
3e »	+ 2,16	+ 8,83	0,81	5,22	21,2	31,2
Mois	— 0,36	+ 6,32	0,79	5,12	46,0	29,9

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,32 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 36°,6 O. et son intensité est égale à 56 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE JANVIER 1865.

Le 26, après l'observation de dix heures du matin, le baromètre a baissé presque subitement d'un millimètre par un violent coup de vent.

Pendant plus de 15 jours, le sentier sur la montagne a toujours été obstrué de neige du jour au lendemain, par suite du vent.

Les variations de la température d'un jour à l'autre présentent de remarquables divergences à Genève et au St-Bernard ; ainsi, du 7 au 8 de ce mois, la température s'est élevée de 9°,55 au St-Bernard, tandis qu'elle s'est abaissée de 4°,53 à Genève : la différence de température entre les deux stations était de 14°,22 le 7, et de 0°,14 seulement le 8.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 2, à 8 h. soir....	555,11
5, à 10 h. soir.....	567,78
8, à 10 h. matin ..	568,06
10, à 10 h. soir	565,04
14, à 4 h. soir...	551,70
21, à 10 h. soir	555,41
24, à 6 h. soir...	560,85
29, à 6 h. soir	557,83

MINIMUM.

	mm
Le 1, à 6 h. matin..	553,05
3, à midi.........	551,30
6, à 8 h. soir ..	560,06
9, à 2 h. soir....	563,81
14, à 2 h. soir ...	550,26
17, à 8 h. matin..	542,94
22, à 8 h. matin..	554,29
28, à 8 h. matin..	550,66

SAINT-BERNARD. — JANVIER 1865.

Jours du mois.	Baromètre.				Température, C.				Pluie ou neige.			Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Ecart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Ecart avec la température normale.	Minimum.[1]	Maximum.[1]	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.		
	millim.	millim,	millim.	millim.	o	o	o	o	mm	mm			
1	553,82	— 6,99	553,05	554,72	—10,58	— 1,47	—12,3	— 8,3	......	......	......	SO. 1	0,43
2	554,77	— 6,01	551,46	555,11	—11,01	— 1,87	—12,3	— 8,0	......	......	......	NE. 1	0,02
3	552,78	— 7,98	551,30	555,12	—13,00	— 3,82	—14,2	—10,7	......	......	......	SO. 1	0,60
4	562,58	+ 1,84	558,89	565,08	— 9,45	— 0,24	—11,3	— 7,8	......	......	......	NE. 1	0,22
5	567,29	+ 6,57	566,81	567,78	— 3,65	+ 5,59	— 4,5	— 2,1	......	......	......	NE. 1	0,10
6	563,42	+ 2,72	560,06	566,27	— 5,95	+ 3,32	—11,6	— 2,7	200	20,0	12	NE. 2	0,84
7	565,56	+ 4,88	561,55	567,43	—11,99	— 2,70	—15,0	— 8,7	......	......	......	NE. 2	0,43
8	567,18	+ 6,52	566,44	568,06	— 2,41	+ 6,88	— 4,1	+ 1,3	......	......	......	SO. 1	0,18
9	564,43	+ 3,79	563,81	564,92	— 4,07	+ 5,28	— 7,1	— 0,9	......	......	......	NE. 1	0,69
10	564,44	+ 3,82	564,02	565,01	— 6,02	+ 3,35	— 7,5	— 4,1	......	......	......	SO. 1	0,02
11	563,77	+ 3,17	563,36	564,71	— 7,62	+ 1,77	— 8,5	— 6,0	......	......	......	SO. 1	0,38
12	559,67	— 0,91	558,02	561,53	— 7,95	+ 1,16	— 8,2	— 7,0	70	5,0	4	SO. 1	1,00
13	555,13	— 5,43	554,78	555,58	— 8,52	+ 0,91	— 9,9	— 6,8	140	12,5	10	SO. 1	0,90
14	551,46	— 9,08	550,24	553,34	— 6,72	+ 2,72	—10,3	— 3,5	250	23,0	12	SO. 1	1,00
15	549,04	—11,48	548,63	549,62	—12,29	— 2,84	—13,0	—10,8	130	8,7	9	NE. 1	1,00
16	545,86	—14,64	544,39	547,33	—13,27	— 3,81	—14,5	—11,3	50	2,7	6	SO. 1	0,90
17	543,67	—16,81	542,94	544,96	—14,15	— 4,68	—15,6	—12,2	60	2,8	12	NE. 1	1,00
18	546,35	—14,11	545,31	547,69	—15,84	— 6,36	—16,9	—13,0	......	......	......	NE. 1	0,51
19	551,53	— 8,91	549,36	552,48	—15,44	— 5,95	—16,3	—13,7	......	......	......	NE. 1	0,63
20	553,60	— 6,82	553,16	554,36	—12,01	— 2,52	—14,6	— 9,5	80	7,2	3	NE. 1	1,00
21	554,75	— 5,65	554,21	555,41	— 5,71	+ 3,79	— 7,6	— 4,0	60	3,5	12	SO. 1	1,00
22	554,61	— 5,77	554,29	555,15	— 5,14	+ 4,36	— 7,9	— 1,9	50	6,6	9	variable	1,00
23	557,45	— 2,90	555,44	558,65	— 9,43	+ 0,07	—14,1	— 4,6	......	......	......	NE. 1	0,90
24	560,26	— 0,07	559,64	560,85	— 3,41	+ 6,09	— 4,5	— 0,3	......	......	......	NE. 1	0,74
25	559,80	— 0,51	558,98	560,53	— 1,31	+ 8,16	— 4,6	+ 1,8	110	24,1	12	NE. 1	1,00
26	558,36	— 1,93	557,38	559,26	+ 1,19	+10,69	— 1,9	+ 4,2	......	......	......	SO. 1	0,87
27	553,30	— 6,97	552,62	554,37	— 3,92	+ 5,57	— 5,1	— 2,1	60	7,9	10	SO. 1	0,93
28	552,30	— 7,95	550,66	554,43	—11,72	— 2,23	—14,7	— 6,5	50	4,8	10	NE. 2	1,00
29	557,43	— 2,80	556,09	557,83	—12,02	— 2,54	—17,0	— 6,9	......	......	......	variable	0,00
30	553,63	— 6,58	553,19	554,66	— 9,65	— 0,18	— 9,8	— 8,9	......	......	......	SO. 1	0,79
31	552,34	— 7,86	551,22	552,97	— 9,88	— 0,43	—10,5	— 8,4	......	......	......	variable	0,34

[1] Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermomètrographes étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE JANVIER 1865.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h. s
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	561,05	561,50	561,82	561,46	561,35	561,53	561,86	562,06	562,16
2e »	552,21	552,12	552,50	551,86	551,67	551,93	551,92	551,99	552,02
3e »	555,59	555,62	555,93	555,79	555,74	555,87	556,06	556,08	556,03
Mois	556,26	556,39	556,72	556,35	556,24	556,43	556,60	556,69	556,71

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h. s
1re décade,	— 8°,54	— 8°,35	— 7°,64	— 6°,63	— 5°,68	— 7°,24	— 8°,13	— 8°,14	— 8°,11
2e »	—11,87	—11,47	—10,95	—10,22	— 9,87	—11,21	—11,56	—11,67	—11,74
3e »	— 6,97	— 7,14	— 6,63	— 4,98	— 4,25	— 5,87	— 6,43	— 6,87	— 7,10
Mois	— 9,06	— 8,93	— 8,35	— 7,20	— 6,52	— 8,04	— 8,63	— 8,83	— 8,92

	Min. observé.[1]	Max. observé.[1]	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	o	o		mm	mm
1re décade,	— 9,99	— 5,20	0,35	20,0	200
2e »	—12,78	— 9,38	0,83	61,9	780
3e »	— 8,88	— 3,42	0,78	46,9	330
Mois	—10,50	— 5,92	0,66	128,8	1310

Dans ce mois, l'air a été calme 21 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,44 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45°E., et son intensité est égale à 16 sur 100.

[1] Voir la note du tableau.

OBSERVATIONS GÉOLOGIQUES ET PALÉONTOLOGIQUES

SUR

QUELQUES PARTIES DES ALPES

DE LA SAVOIE ET DU CANTON DE SCHWYTZ

PAR

MM. ADOLPHE D'ESPINE ET ERNEST FAVRE.

Les espèces éteintes enfouies dans le sein de la terre ont été depuis longtemps, pour le géologue, un guide précieux dans la détermination de l'âge des terrains ; en effet, en vertu de la grande loi révélée par la paléontologie sur la durée limitée des espèces, une période géologique est caractérisée par des fossiles distincts et spéciaux, qui ne se retrouvent ni avant ni après elle. Cette loi avait été regardée, il y a une quinzaine d'années, comme absolue et sans exception. Alcide d'Orbigny, le grand paléontologiste français, dans un travail gigantesque, avait réparti tous les fossiles connus dans vingt-sept étages ou périodes successives, et il croyait que dans la suite des temps toutes les espèces soit animales, soit végétales, avaient été vingt-sept fois détruites et vingt-sept fois entièrement renouvelées, sans qu'il y eût aucun trait d'union entre deux périodes successives. De nos jours, rien n'est venu infirmer la loi de la durée limitée des espè-

ces, seulement les limites se sont étendues. On a constaté dans ces dernières années de nombreuses espèces passant d'une période à l'autre et des rapports évidents entre les faunes de deux formations successives. Un grand nombre de faits partiels, il est vrai, mais qui ont bien leur importance, quand ils ont été étudiés avec soin, ont fait abandonner l'idée de coups de théâtre, de bouleversements périodiques qui auraient séparé les diverses époques géologiques, et on est arrivé à croire que les choses ont dû se passer d'une manière assez conforme à ce que nous voyons de nos jours.

La science commence toujours par être absolue, générale, synthétique ; ce n'est que par un travail subséquent d'analyse et d'observations de détails qu'on arrive à constituer une histoire exacte et véritable des phénomènes de la nature. Nous avons cru bien faire en choisissant, comme sujet de travail, une de ces questions de détail, qui, au premier abord, paraissent quelque peu arides, mais qui, étudiées avec soin, conduisent à des conclusions dont on ne peut méconnaître l'importance.

Nous avons examiné un mélange de faunes dans le gault des Alpes.

On sait que les mers albiennes ont vu se succéder dans leur sein des faunes très-différentes. Les observations faites sur le gault de France, d'Angleterre et d'Allemagne, et surtout le travail remarquable de M. le professeur Pictet sur les fossiles de Ste-Croix[1], ont fait reconnaître au moins deux divisions dans la période albienne. A Ste-Croix, on peut même en distinguer trois : le gault *inférieur*, le gault *moyen*, et le gault *supérieur*. Les deux premières

[1] *Matériaux pour la Paléontologie suisse.* Description des fossiles des environs de Ste-Croix, par MM. Pictet et Campiche.

ont beaucoup d'espèces communes et sont peu distinctes ; le gault supérieur, par contre, présente une faune spéciale, caractérisée par l'apparition de nombreuses espèces. Il se présente donc comme une époque bien distincte, dont les fossiles tendraient à se rapprocher de ceux de l'époque cénomanienne.

Nous donnerons, pour l'intelligence de notre travail, un court aperçu des principales espèces de ces différentes formations.

Les fossiles spéciaux au gault inférieur de Ste-Croix sont : *Ammonites regularis, A. tardefurcatus, A. Milletianus*[1], *A. Martinii*. — *Crioceras depressus*. — *Helicoceras Thurmanni*.— *Avellana subincrassata*. — *Cerithium ornatissimum, C. tectum, C. Lallierianum*. — *Scalaria Dupiniana*. — *Natica Clementina, N. Favrina*.— *Pleurotomaria Gibbsii*. — *Phasianella gaultina*. — *Trochus conoïdeus*, etc., etc.

Les principales espèces communes au gault moyen et au gault inférieur sont les suivantes : *Ammonites mamillatus, A. Beudanti, A. interruptus, A. subalpinus*. — *Ancyloceras Blancheti, A. Vaucherianus*. — *Avellana lacryma*. — *Turritella Vibrayeana*. — *Solarium moniliferum*, etc.

Le gault moyen possède en outre une faune spéciale dont voici les principales espèces : *Ammonites Lyelli, A. Parandieri, A. Delucii, A. quercifolius*.— *Ancyloceras Nicoleti*. — *Hamites attenuatus, H. Raulinianus*. — *Ptychoceras gaultinus*. — *Scalaria gurgitis*, etc.

Examinons la faune du gault supérieur. Parmi les ammonites, deux espèces seulement ont fait leur première

[1] L'*A. Milletianus* apparaît déjà vers la fin de la période aptienne.

apparition dans le gault moyen ; ce sont l'*A. latidorsatus* et l'*A. Raulinianus*, cette dernière sous une forme toutefois un peu différente. Les *Ammonites inflatus*, *falcatus*, *Mayorianus*, *varicosus*, *Timotheanus*, *Velledæ*, n'ont jamais été trouvées plus bas que le gault supérieur. Les *Turrilites*, les *Scaphites*, les *Anisoceras*[1], y apparaissent pour la première fois. Parmi les autres fossiles caractéristiques de cet étage, on peut citer les suivants : *Hamites virgulatus*, *Baculites Gaudini*, *Avellana incrassata*, *Cerithium Mosense*, *Pleurotomaria gaultina*, *P. regina*, *P. Moreausiana*, *Turbo Brunneri*, *T. Triboleti*, *Solarium Tollotianum*, *S. triplex*, etc., etc.

Telle est en quelques traits la répartition des fossiles dans le riche gisement de Ste-Croix[2].

Il ne faut pas s'attendre à trouver partout une séparation aussi tranchée des faunes albiennes qu'à Ste-Croix; à la *Perte du Rhône*, par exemple, il y a un commencement de mélange ; M. Renevier[3] a distingué dans le gault de cette localité trois couches fossilifères (*a*, *b* et *c*). Il a trouvé dans la couche *c* la plus inférieure, l'*Avellana subincrassata*, l'*Ammonites mamillatus*, l'*A. regularis*, l'*A. tardefurcatus* et l'*A. Milletianus*, mais ces trois dernières espèces sont seules spéciales à cette couche, les autres se trouvent également dans la couche *b*. D'un autre côté, l'*Ammonites latidorsatus*, l'*A. Velledæ*, l'*Anisoceras Saussureanus*, la *Turrilites Bergeri* sont spéciales aux

[1] L'*Anisoceras armatus* paraît toutefois avoir été trouvé dans le gault moyen.

[2] Il ne s'agit ici que des céphalopodes et des gastéropodes, puisque les acéphales et les échinodermes n'ont pas été publiés jusqu'à présent par M. Pictet ; mais ils suffisent déjà pour établir de nombreux points de comparaison avec le gault des autres pays.

[3] *Mémoire géologique sur la perte du Rhône.*

couches supérieures *a* et *b;* mais l'*Ammonites inflatus,* l'*A. Mayorianus,* l'*A. varicosus* se trouvent aussi dans la couche *c.* L'arrangement n'est donc plus tout à fait le même à la Perte du Rhône qu'à Ste-Croix, quoique la distance qui sépare les deux gisements soit relativement restreinte.

Le gault de la France septentrionale nous offre, en général, de grandes analogies avec celui de Ste-Croix. La distribution des fossiles y est presque la même. En effet, dans le département de la Meuse, M. Buvignier[1] distingue: 1° les *sables et argiles du gault,* contenant *Ammonites monile* (mamillatus), *A. regularis, A. tardefurcatus, A. Milletianus, Cerithium ornatissimum,* etc.; 2° la *gaize,* terrain intermédiaire entre le gault et le cénomanien, d'une composition minéralogique toute particulière et caractérisée par l'*Ammonites inflatus,* l'*A. Renauxianus,* l'*A. falcatus,* le *Cerithium Mosense,* la *Pleurotomaria Moreausiana,* etc.; cette faune paraît correspondre exactement à la faune albienne supérieure de Ste-Croix.

Dans la *Nièvre,* qui a été étudiée avec soin par M. Th. Ebray, l'étage albien présente deux couches principales, les *argiles et sables inférieurs,* et les *sables ferrugineux,* assise très-puissante que M. Ebray, dans un travail stratigraphique tout récent[2], a démontré être l'équivalent de la gaize de la Meuse. La faune de ces deux formations concorde d'ailleurs complétement.

Dans l'*Yonne,* les sables ferrugineux existent encore,

[1] *Statistique géologique et paléontologique du département de la Meuse,* par A. Buvignier, 1852.

[2] *Stratigraphie de l'étage albien des départements de l'Yonne, de l'Aube, de la Haute-Marne, de la Meuse et des Ardennes.* — Bulletin de la Société géologique de France, 2e série, tome XX, page 209.

quoique atteignant une épaisseur moindre. L'apparition de l'*Ammonites monile* (mamillatus) dans cette couche est un fait curieux à signaler. Elle a été trouvée dans les sables ferrugineux, près de Soumaintrain ; sauf cette anomalie, les autres fossiles sont identiques à ceux de la gaize. Les argiles inférieures sont très-riches en fossiles ; et il semblerait, d'après les données de M. Raulin [1], que le gault moyen et le gault inférieur ne se confondent pas entièrement ; ainsi près de Gurgy, l'*Ammonites regularis* et l'*A. tardefurcatus* reposent immédiatement sur le terrain aptien, tandis que l'*A. Beudanti* et d'autres espèces plus spéciales au gault moyen ont été trouvées dans des couches plus élevées.

Dans l'*Aube* on remarque la transition entre le facies sablonneux du sud et le facies argileux ou gaizeux du nord. La faune est à peu près la même, c'est-à-dire qu'on trouve l'*Ammonites lautus*, l'*A. auritus*, et l'*A. inflatus* dans les couches supérieures, qui vont se confondre au nord avec la gaize, et l'*A. regularis*, l'*A. mammillatus*, etc., dans les argiles inférieures ou *argiles tégulines* [2], comme on les appelle dans ce département, parce qu'elles sont employées pour la poterie.

En *Angleterre*, le gault supérieur est développé aux environs de Cambridge ; les fossiles qui en proviennent concordent assez bien avec ceux du grès vert supérieur de Ste-Croix, tandis que les fossiles du gault de Folkestone correspondent plutôt à ceux de la couche inférieure [3].

[1] *Statistique géologique*, etc., de l'Yonne, par Raulin et Leymerie, 1858.

[2] *Statistique géologique*, *minéralogique*, etc., de l'Aube, par Leymerie, 1843.

[3] *Note sur la succession des mollusques céphalopodes pendant l'époque crétacée dans les Alpes suisses et le Jura*, par F.-J. Pictet, 1861.

La faune albienne d'Angleterre présente toutefois une curieuse anomalie, qui consiste en ce que l'*Ammonites mammillatus* trouvée dans le gault proprement dit[1] du Berkshire[2] est mentionnée comme un des fossiles caractéristiques de l'*Upper Greensand* par M. J. Beate Jukes[3] et, ce qui est plus étonnant, elle a été trouvée dans la craie chloritée de l'île de Wight[4], avec les *A. varians, Coupei,* etc. Il serait peut-être prudent de s'assurer de l'identité de cette ammonite avec l'*A. mammillatus* de Schlotheim, avant d'en tirer une conclusion définitive. Mais ce fait est très-probable, puisqu'il concorde avec les observations de M. Ebray sur la position de l'*A. mammillatus* dans l'Yonne.

En *Allemagne,* les travaux de M. de Strombeck sur le gault du Brunswick[5], nous ont vivement intéressés, parce que leurs résultats sont identiques à ceux que M. le professeur Pictet a obtenus de l'examen des terrains de Ste-Croix; voici en effet la succession des couches qu'il a constatée :

1. Aptien avec *Ammonites Nisus,* etc.
2. Argile ferrugineuse avec *Am. Milletianus, Cornuelianus,* etc.
3. Argile avec *A. tardefurcatus, A. regularis.*

[1] Les géologues anglais distinguent : 1° le *Lower-Greensand*, correspondant à notre formation aptienne ; 2° le *gault,* qui est à peu près le gault moyen et inférieur de Ste-Croix ; 3° l'*Upper-Greensand*, terrain intermédiaire entre le gault et la craie chloritée.

[2] *Memoirs of Geological Survey of Great Britain*, n° 12.

[3] *The Student's Manual of Geology*, by J. Beate Jukes, 1860.

[4] *Memoirs of G. Survey of Gr. Brit.*, n° 10.

[5] *Zeitschrift der Geologischen Deutschen Gesellschaft*, tome VIII, page 456.

4. Argile avec *Belemnites minimus.*
5. *Flammenmergel*, caractérisé par les ammonites *inflatus, Mayorianus, auritus, Renauxianus, varicosus, Turrilites Bergeri*, etc.
6. Cénomanien.

Le *Flammenmergel* de M. de Strombeck est donc le correspondant exact du gault supérieur de Ste-Croix.

Il résulte de tous ces faits : 1° que la période du gault supérieur a été aussi distincte de celle du gault inférieur que cette dernière a été distincte de la période aptienne ; 2° que la faune du gault supérieur s'est étendue dans plusieurs pays et qu'elle s'est graduellement substituée à celle de l'étage inférieur.

Cela étant bien établi, passons à l'étude des faits curieux et exceptionnels que nous a présentés le gault des Alpes de Savoie et du canton de Schwytz. Nous y avons constaté un mélange complet des deux faunes albiennes, et nous avons cru qu'il avait assez d'importance soit au point de vue de l'histoire géologique de nos Alpes, soit au point de vue purement théorique, pour en faire l'objet d'un mémoire spécial.

Nous avons étudié, en 1864, la *Goudinière* près du Grand-Bornand, et le *Criou* près de Samoëns. Ces deux endroits sont situés dans le département de la Haute-Savoie. Nous avons encore visité la *Wannen-Alp*, près d'Yberg, dans le canton de Schwytz. Ces trois localités présentent de riches gisements de fossiles et ont déjà fourni de beaux échantillons, à diverses collections, en sorte que la détermination des espèces a été facile et que nous avons pu nous appuyer sur des données paléontologiques certaines. Nous parlerons séparément de chacune de ces localités, parce que le mélange des faunes

ne se présente pas partout exactement dans les mêmes conditions, et nous dirons quelques mots des observations géologiques que nous avons faites.

LA GOUDINIÈRE.

GÉOLOGIE. — La chaîne des Vergy s'élève sur la rive gauche de l'Arve. Elle est formée des terrains crétacés et des terrains tertiaires que nous allons passer en revue. La localité de la Goudinière est située sur son versant S.-E., pas loin du village du Grand-Bornand.

TERRAINS CRÉTACÉS. — L'étage *urgonien* forme la presque totalité de la chaîne des Vergy et leur donne leur aspect âpre et décharné. Ce terrain se présente avec tous les caractères que nous lui connaissons ailleurs. Il est formé d'une roche très-dure, un peu cristalline, blanche à la superficie, mais violacée dans l'intérieur; elle renferme rarement des fossiles bien conservés, cependant à Dessy on a recueilli des caprotines et des radiolites. L'urgonien est le terrain le plus ancien qui se trouve près de la Goudinière; nous avons cru toutefois reconnaître des marnes néocomiennes dans une combe placée entre le Grand-Bornand et le Chenaillon.

Au-dessus de l'étage urgonien nous avons trouvé l'étage *aptien* qui affleure d'une manière continue sur une grande longueur de la chaîne. Nous l'avons reconnu aux Étroits, au Mont, et au-dessus du Grand-Bornand. Il est très-apparent à la Goudinière, où il forme un escarpement d'une trentaine de pieds. De là nous avons pu le suivre pendant trois quarts d'heure jusqu'au-dessus du village du Chenaillon. L'étage aptien est formé de deux couches distinctes: la partie supérieure, la plus considé-

rable, est un grès siliceux jaunâtre, assez compacte et dur à l'intérieur, mais corrodé à l'extérieur par les agents atmosphériques. La partie inférieure est composée de marnes bleuâtres feuilletées sans fossiles, qui sont peut-être l'équivalent des marnes aptiennes de la Perte du Rhône ; alors la partie rocheuse représenterait les grès durs de ce même gisement. Les fossiles que nous avons recueillis dans l'aptien de la Goudinière sont identiques à ceux de la Perte du Rhône ; ce sont la *Trigonia caudata*, Ag., la *Cyprina angulata*, Sow., la *Rhynchonella lata*, d'Orb., la *Rh. sulcata*, d'Orb., et *Rh. Renauxiana*, d'Orb., le *Pecten aptiensis*, d'Orb., et l'*Ostrea aquila*, d'Orb.

Le *gault*, qui est moins répandu que l'aptien, le recouvre en plusieurs endroits ; nous l'avons constaté au Mont, au col du Grand-Bornand, à la Goudinière, et au-dessus du Chenaillon. A la Goudinière, sa superposition à l'aptien est très-facile à voir, car en faisant creuser une tranchée à travers toute l'épaisseur du gault, nous sommes arrivés au grès aptien d'où nous avons retiré une *Ostrea aquila* et quelques-uns des fossiles qui caractérisent ordinairement cette couche (*Cyprina angulata*, etc.). La composition minéralogique du gault peut varier suivant les endroits, sans que la faune change en quoi que ce soit.

La coupe que nous avons fait faire nous a présenté la succession suivante :

15 centimètres de terre végétale,

41 » de terre bleuâtre argileuse du gault,

34 » de grès vert proprement dit, tantôt en morceaux pierreux plus ou moins gros, tantôt en argile, à grains verts, également du gault.

90 centimètres.

Mais au-dessus du Chenaillon, le gault devient rocheux, il passe à l'état de grès siliceux à grains verts compacte, très-dur, également pétri de fossiles.

A côté du champ de la Goudinière se trouve une rangée de rochers blancs, très-durs, ressemblant à ceux de l'étage urgonien par leurs caractères minéralogiques, mais ils sont superposés au gault et sont l'équivalent de la *craie*. Nous avons retrouvé ces mêmes rochers audessus du Chenaillon, où ils atteignent une très-grande épaisseur. Ce n'est pas la première fois que ce terrain est constaté dans les Alpes de Savoie; on l'a trouvé en divers endroits toujours avec cette même apparence.

TERRAINS TERTIAIRES. — Le terrain *nummulitique* est largement représenté dans la vallée du Grand-Bornand. Il est formé d'un calcaire dur, noirâtre surtout à sa base, pétri de petites nummulites et couvert fréquemment d'empreintes de *limes* et de *peignes*. Au col des Ferrans (ou du Grand-Bornand), il change de caractère; il présente l'aspect d'une brèche calcaire très-compacte qui renferme également beaucoup de nummulites.

Le *macigno alpin* [1] recouvre le nummulitique dans le fond de la vallée. Il est formé d'une marne schisteuse, se délitant en ardoises grisâtres avec quelques écailles de poissons.

PALÉONTOLOGIE. — Le gault de la Goudinière affleure sur un espace très-restreint et son épaisseur atteint à peine un mètre; néanmoins il a fourni une immense quantité de fossiles. Pour bien nous assurer du mélange de ces fossiles dans une si faible épaisseur, nous avons

[1] Le macigno alpin est l'équivalent du flysch ou grès à fucoïdes.

noté avec soin la profondeur à laquelle se trouvait chaque échantillon au-dessous du sol ; il eût été peut-être plus logique de noter la hauteur des fossiles à partir de l'étage aptien, mais c'était matériellement impossible. D'ailleurs, la chose importante est de connaître la hauteur relative des espèces, et de savoir par exemple si la *Turrilites Bergeri* a été trouvée au-dessus, à côté ou au-dessous de l'*Ammonites regularis.*

Pour nous assurer que la distribution des fossiles était partout la même, nous avons fait ouvrir plusieurs tranchées dans différentes parties du pré de la Goudinière (fig. II). La première (n° I) a été la plus considérable et nous a fourni le plus grand nombre d'échantillons ; les autres tranchées nous ont donné d'ailleurs des résultats analogues.

Nous n'avons pu saisir d'autre rapport entre la composition minéralogique du gault et les fossiles, que le fait de l'abondance des céphalopodes dans la partie supérieure (surtout dans l'argile brune), tandis que les gastéropodes et les acéphales abondent surtout dans l'argile à grains verts.

Quant à la faune en elle-même, les *ammonites* et les *turrilites* s'y trouvent en grand nombre ; les *nautiles* et les *hamites* sont rares ; le *belemnites minimus,* si caractéristique du gault d'autres localités, n'y existe pas. Les *gastéropodes,* quoique représentés par beaucoup d'espèces différentes, sont peu fréquents à la Goudinière. Le contraire a lieu pour les acéphales dont quelques espèces sont très-communes.

Les trois faunes du gault à la Goudinière sont mélangées dans une couche de quelques décimètres d'épaisseur ; les espèces les plus caractéristiques des trois for-

mations se trouvent à toutes les hauteurs également ; ainsi nous avons recueilli près de la surface du sol des *Ammonites regularis*, *A. tardefurcatus*, *A. mamillatus*, etc., ainsi que des *A. Mayorianus*, *inflatus*, *latidorsatus*, et des *Turrilites Bergeri*, *T. Puzosianus* ; cette même association d'espèces a été trouvée à une grande profondeur, au contact de l'aptien. Le fait le plus saillant que nous ayons constaté est une *Turrilites Bergeri* qui reposait sur le grès aptien à un mètre de profondeur et une *Ammonites Milletianus* que nous avons trouvée à un ou deux centimètres au-dessous de la surface du sol ; or on sait que dans beaucoup d'endroits la *Turrilites Bergeri* se rencontre dans l'étage cénomanien et que l'*A. Milletianus* a déjà vécu dans la période aptienne. Pour donner une idée du mélange intime de ces fossiles et en même temps de la manière dont nous avons procédé, nous donnerons le catalogue de la profondeur à laquelle nous avons trouvé les espèces caractéristiques de notre première tranchée.

I. *Fossiles trouvés de 0 à 15 cent.* (terre végétale).

Ammonites regularis. — A. Milletianus. — A. mamillatus. — A. Lyelli. — A. Mayorianus. — Turrilites Bergeri. — T. Puzosianus.

II. *Fossiles trouvés de 15 cent. à 56 cent.* (terre brune argileuse).

A 20 cent. — Ammonites tardefurcatus, Turrilites Escherianus.
» 23 » Turrilites Puzosianus.
» 25 » Turrilites Bergeri. — Ammonites cristatus.
» 26 » Baculites Gaudini.
» 29 » Turrilites Gresslyi.

A 31 cent. — Ammonites mamillatus. — A. tardefurcatus.— A. Beudanti.
» 35 » A. cristatus. — A. Mayorianus.
» 38 » A. tardefurcatus, A. Beudanti.
» 40 » A. regularis.
» 42 » A. latidorsatus.
» 48 » A. tardefurcatus, A. inflatus.
» 50 » A. regularis.
» 51 » Hamites attenuatus.
» 52 » Ammonites regularis.
» 53 » A. latidorsatus, A. cristatus, Inoceramus concentricus.
» 54 » A. tardefurcatus, A. Beudanti, A. Mayorianus, A. interruptus, Turr. Bergeri.
» 56 » A. regularis. — A. cristatus.

III. *Fossiles trouvés de 56 cent. à 1 mètre* (argile à grains verts).

A 66 cent. — Ammonites tardefurcatus, A. Beudanti.
» 70 » A. Beudanti. — A. latidorsatus. — Turrilites Bergeri, T. Puzosianus. — Pleurotomaria Rhodani, Pl. alpina. — Inoceramus Salomoni. — Rhynchonella lata, Rh. antidichomatâ. — Terebratula lemaniensis.
» 75 » Turr. Puzosianus.— Terebratula Dutempleana.
» 82 » A. regularis. — Hamites attenuatus.
» 1 mètre. — Turrilites Bergeri.

IV. *Grès aptien* (*Ostrea aquila* Brong., *Cyprina angulata* Sow., etc.).

Nous n'avons trouvé dans cette tranchée que les espèces les plus communes à la Goudinière; elles sont aussi les plus caractéristiques. Par le catalogue général des fossiles, il est facile de voir que la faune de la Goudinière est d'une grande richesse, que plusieurs espèces

rares qui n'avaient été trouvées qu'à Ste-Croix par MM. Pictet et Campiche, s'y rencontrent, et que des espèces cénomaniennes comme l'*A. Coupei*, l'*A. falcatus* se voient comme les autres côte à côte avec l'*A. Milletianus!*

CATALOGUE DES FOSSILES DE LA GOUDINIÈRE.

Nous avons pu former la liste suivante des fossiles de cette localité grâces à l'obligeance de M. le prof. Pictet et de M. le prof. Favre, qui ont bien voulu mettre leurs collections à notre disposition. La collection du Musée académique et notre collection nous ont également aidés à atteindre notre but.

CÉPHALOPODES.

Nautilus
- Montmollini, Pict. et Camp.
- Bouchardianus, d'Orb.

Ammonites
- Agassizianus, Pictet.
- Balmatianus, Pict.
- Beudanti, Brong.
- Blancheti, Pict. e Camp. ?
- Bouchardianus, d'Orb.
- Bourritianus, Pict.
- Brottianus, d'Orb.
- Coupei, Brong.
- cristatus, Sow.
- Deluci, Brong.
- dispar, d'Orb.
- Dutempleanus, d'Orb.
- falcatus, Mant.
- Hugardianus, d'Orb.
- inflatus, Sow.

Ammonites
- interruptus, Brong.
- Jallabertianus, Pict.
- latidorsatus, Mich.
- Lyelli, d'Orb.
- mamillatus, Schloth.
- Mayorianus, d'Orb.
- Martinii, d'Orb. ?
- Milletianus, d'Orb.
- nodosocostatus, d'Orb.
- Parandieri, d'Orb.
- quercifolius, d'Orb.
- Raulinianus, d'Orb.
- regularis, Brong.
- Renauxianus, d'Orb.
- Studeri, Pict. et Camp.
- subalpinus, d'Orb.
- tardefurcatus, Leym.
- Timotheanus, d'Orb

Ammonites
varicosus, Sow.
Velledæ, Mich.
versicostatus, Mich.
Vraconnensis, Pict. et Camp.

Scaphites
Hugardianus, d'Orb.
Meriani, Pict. et C.

Ancyloceras
Blancheti, Pict. et C

Anisoceras
alternatus, Mantell.
perarmatus, Pict. et C.
pseudo-elegans, Pict.
Saussureanus, Pict.

Hamites
attenuatus Sow.,
Charpentieri, Pict.
compressus, Sow.
maximus, Sow.
Moreanus, Buvign.
rotundus, Sow.
Studerianus, Pict.
virgulatus, d'Orb.

Baculites
Gaudini, Pict. et C.

Turrilites
Bergeri, d'Orb.
Escherianus, Pict.
Hugardianus, d'Orb.
Puzosianus, d'Orb.
Gresslyi, Pict. et C.

GASTÉROPODES.

Avellana
Hugardiana, d'Orb.
subincrassata, d'Orb.

Ringinella
alpina, Pict. et R.

Turritella
Vibrayeana, d'Orb.
Faucignyana, Pict. et R.

Scalaria
Clementina, d'Orb.
Dupiniana, d'Orb.
Rhodani, Pict. et R.

Natica
Favrina, Pict. et R.
gaultina, d'Orb.

Natica
indét.

Pleurotomaria
alpina, d'Orb.
Carthusiæ, Pict. et R.
Gibsii, Sow.
Rhodani, d'Orb.
Saussureana Pict. et R.
regina, Pict. et R. ?
Thurmanni, Pict. et R.

Phasianella
gaultina, d'Orb.

Turbo
Golezianus, Pict. et R.
Pictetianus, d'Orb.

Turbo
Faucignyanus, Pict. et R.
subdispar, d'Orb.
Trochus
conoïdeus, d'Orb. (ou Solarium Conoïdeum, Sow.)
Hugianus, d'Orb. (ou Solarium Hugianum, Pict. et R.)
Solarium
granosum, d'Orb.
moniliferum, Mich.
ornatum, Sow. ?
subornatum, d'Orb.
triplex, Pict. et R.
Tingryanum, Pict. et R.
Pterocera
bicarinata, d'Orb.
retusa, Fitton. (ou Pterocera subretusa, d'Orb.)
Rostellaria
cingulata, Pict. et R.
Parkinsoni, Sow.
Aporrhaïs
obtusa, Pict. et R.
Parkinsoni, d'Orb. ?
marginata, Sow.
Murex
Genevensis, Pict. et R.
Sabaudianus, Pict. et C.
Crepidula
gaultina, Buv.
Helcion
conicum, d'Orb. ?
Fusus
Clementinus, d'Orb.
Cerithium
excavatum, Brong.
Dentalium
Rhodani, Pict. et R.
Indét.

Lamellibranches.

Gastrochæna
Ind.
Neœrea
Sabaudiana, Pict. et B.
Panopœa
acutisulcata, d'Orb.
Sabaudiana, Pict. et B.
Cardium
Alpinum, Pict. et R.
Isocardia
crassicornis, d'Orb.
Crassatella
Sabaudiana, Pict. et R.
Arca
fibrosa, d'Orb.
Isoarca
Agassizii, Pict. et R.
Inoceramus
concentricus, Park.
sulcatus, Park.
Salomoni, d'Orb.
Lima
Alpina, Pict. et R.

BRACHIOPODES.

Rhynchonella
lata, d'Orb.
antidichotoma, d'Orb.

Terebratula
Dutempleana, d'Orb.
Lemaniensis, Pict. et R.

ECHINODERMES.

Hemiaster
minimus, Desor.

Holaster
lævis, Agass.

Discoïdea
rotula, Agass.
conica, Dem.

Récapitulation des genres et des espèces.

	Genres.	Espèces.
Céphalopodes............	8	60
Gastéropodes	20	44
Lamellibranches	10	12
Brachiopodes............	2	4
Echinodermes...........	3	4
	43	124

LE CRIOU.

GÉOLOGIE. — La montagne qui porte ce nom est placée à l'est du village de Samoëns, dans la vallée du Giffre, et cette vallée est située un peu à l'est de celle de l'Arve.

Le Criou est presque exclusivement formé de terrain urgonien recouvert directement par le gault dans certaines places, l'étage aptien étant absent. Ce gault est composé dans sa partie inférieure d'un grès dur et compacte à grains verts, et dans sa partie supérieure d'une couche assez considérable d'argile brune ; parfois aussi toute

l'épaisseur de la couche de gault est argileuse, comme à la Goudinière. Nous avons cru remarquer également des bancs de craie qui présentaient la même apparence et la même structure que dans la vallée du Grand-Bornand; mais nous n'avons pu les constater d'une manière aussi positive.

PALÉONTOLOGIE. — Le gault du Criou est très-riche en fossiles. Les ammonitides déroulés dominent parmi les *céphalopodes*, tandis que les ammonites proprement dites, à l'exception d'une ou deux espèces très-communes, sont peu abondantes. Les *gastéropodes* sont rares, les *acéphales* encore plus. Les *échinodermes*, par contre, sont représentés par quelques espèces qu'on rencontre à chaque pas.

Les fossiles du Criou appartiennent surtout au gault supérieur et au gault moyen. L'*Ammonites inflatus*, la *Turrilites Bergeri*, la *Turr. Puzosianus* (sup.), l'*Ammonites Beudanti* et l'*Hamites attenuatus* (moy.) se trouvent également à toutes les hauteurs dans la couche. Nous avons creusé plusieurs tranchées comme à la Goudinière, et nous avons pu nous assurer du mélange de la faune moyenne et de la faune supérieure; ainsi nous avons recueilli à une grande profondeur une *Turrilites Bergeri* et un *Anisoceras Saussureanus*, tandis que nous avons trouvé presque à la surface plusieurs *A. Beudanti* et un *Hamites attenuatus*. Il existe, en outre, quelques représentants du gault inférieur au Criou; ce sont l'*Ammonites Milletianus*, l'*A. regularis*, l'*Avellana subincrassata* et l'*Aporrhaïs obtusa;* mais ces fossiles sont très-rares, et nous n'avons constaté nous-mêmes que l'*A. Milletianus*

dont nous avons trouvé quelques échantillons dans la partie supérieure de l'argile brune.

Voici donc en résumé les conclusions auxquelles nous arrivons sur la faune du Criou.

1° Les espèces du gault moyen et du gault supérieur ont vécu ensemble à la même époque au Criou.

2° La faune du gault inférieur, très-développée à la Goudinière, n'a eu au Criou que de rares représentants.

CATALOGUE DES FOSSILES DU CRIOU.

Nous donnons aussi pour cette localité la liste des fossiles du gault.

Céphalopodes.

Nautilus
  Bouchardianus, d'Orb.

Ammonites
  Balmatianus, Pict.
  Beudanti, Brong.
  Bourritianus, Pict.
  Candollianus, Pict. (var. et type).
  Deluci, Brong.
  Hugardianus, d'Orb.
  inflatus, Sow.
  latidorsatus, Mich.
  Mayorianus, d'Orb.
  Milletianus, d'Orb.
  Parandieri, d'Orb.
  Timotheanus, d'Orb.
  regularis, Brong.
  varicosus, Sow.
  Raulinianus, d'Orb.

Ammonites
  interruptus, Brug.
  Denarius, Brong

Scaphites
  Hugardianus, d'Orb.
  Meriani, Pict. et C.

Anisoceras
  perarmatus, Pict. et C.
  Saussureanus, Pict.

Hamites
  Charpentieri, Pict.
  Desorianus, Pict. ?
  attenuatus, Sow.
  rotundus, Sow.
  Studerianus, Pict.
  virgulatus, d'Orb.
  Venetzianus, Pict. et R.

Baculites
  Gaudini, Pict. et C.

Helicoceras
indét.
Turrilites
Bergeri, d'Orb.
costatus,[1] Lam.
Escherianus, Pict.
Gresslyi, Pict.
Turrilites
Hugardianus, d'Orb.
Puzosianus, d'Orb.
Morrisii, Sharpe.
elegans, d'Orb. ?
intermedius, Pict. et C.

GASTÉROPODES.

Avellana
inflata, d'Orb.
subincrassata, d'Orb.
Valdensis, Pict. et C.
Cerithium
excavatum, Brong.
Indét.
Natica
gaultina, d'Orb.
Narica
Indét.
Pleurotomaria
Carthusiæ, Pict. et R.
regina, Pict. et R.
Thurmanni, Pict. et R.
Trochus
Nicoletianus, Pict. et R.
Tollotianus, Pict. et R.
conoïdeus, Pict.
Solarium
triplex, Pict. et R.
Tyngryanum, Pict. et R.
dentatum, d'Orb.
moniliferum, Mich.
Aporrhaïs
obtusa, Pict. et C.
Pterocera
retusa, Sow.
Fusus
Dupinianus, d'Orb.
Dentalium
Indét.

LAMELLIBRANCHES.

Panopæa
Sabaudiana, Pict. et R.
Pholadomya
Genevensis, Pict. et R.
Thracia
Alpina, Pict. et R.
rotunda, Pict. et R.
Indét.

[1] La *Turrites costatus* appartient complétement à la faune rotomagienne. C'est, nous croyons, la première fois qu'elle est citée dans une couche où a été trouvée l'*A. milletianus !*

Venus
Indét.
Thetis
Genevensis, Pict. et R.
Cardium
Raulinianum, d'Orb.
Isocardia
crassicornis, d'Orb.
Corbis
gaultina, Pict. et R.
Trigonia
alæformis, Park.
Arca
carinata, Sow.
Nucula
Neckeriana, Pict. et R.
ovata, Mantell.
pectinata, Sow.
Mytilus
Giffreanus, Pict. et R.
Orbignyanus, Pict. et R.
Inoceramus
sulcatus, Park.
concentricus, Park.

ECHINODERMES.

Holaster
lævis, Agass.
Perezii, Agass.
Hemiaster
minimus, Desor.
Discoïdea
rotula, Agass.
conica, Dem.
Galerites
Castanea.
Peltastes
Studeri.

Récapitulation des genres et des espèces.

	Genres.	Espèces.
Céphalopodes	8	39
Gastéropodes............	11	18
Lamellibranches	13	17
Echinodermes	5	7
	37	81

LA WANNEN-ALP.

GÉOLOGIE. — Les Alpes de Schwytz sont riches en terrains crétacés et tertiaires, parmi lesquels les étages albien et nummulitique sont très-fossilifères et par là même fort intéressants.

Terrains crétacés. — La série commence comme aux Vergy, par l'étage *urgonien* qui se présente toujours sous forme d'une roche très-dure avec caractères ordinaires. Nous avons recueilli dans les rochers *urgoniens* de la Guggeren-fluh qui dominent Waagen au nord-est d'Yberg, des *caprotines* et des coraux très-bien conservés et en assez grande quantité.

L'étage aptien, qui n'affleure que dans un seul endroit, aux environs d'Yberg, se montre à la Wannen-Alp. Il s'y présente sous la forme d'un calcaire dur, grisâtre, pétri d'huîtres et de térébratules (*T. Moutoniana*), très-différent de celui de la Goudinière.

Le gault est très-répandu autour d'Yberg; nous l'avons constaté en plusieurs endroits de la Wannen-alp; il se trouve également à la Käsern-alp, montagne adjacente, où il présente quatre gisements principaux, le Pfannen-stöckli, le Drusberg, le Forstberg et le Twäriberg. Dans ces trois dernières localités, il est à l'état de conglomérat dur et rocheux, tandis qu'à la Wannen-alp et au Pfannen-Stöckli, sa composition minéralogique est plus complexe; on peut distinguer : 1° un grès dur grisâtre, qui contient peu ou point de fossiles ; 2° une argile à grains verts, solidifiée par places et pétrie d'*Inoceramus concentricus* ; 3° par-dessus, une terre argileuse brune de deux à trois pieds d'épaisseur qui renferme un grand nombre de fossiles. — Au Gurgeltobel, le gault est entièrement rocheux et assez fossilifère ; on y a trouvé une *Am. regularis*, une *A. mamillaris*, une *A. latidorsatus*.

Le *Seever-kalk* est, comme on le sait, le représentant de la craie dans l'est de la Suisse. C'est un calcaire noirâtre très-ondulé, schisteux dans certains endroits, plus

compacte dans d'autres; il existe à la Wannen-alp, au Gurgeltobel, etc.

Terrains tertiaires. — Le terrain *nummulitique*, dont on peut dans plusieurs localités observer la superposition directe au Seewer-kalk, présente, aux environs d'Yberg, l'apparence d'un grès bleu-verdâtre, pétri de nummulites de toutes les dimensions. Le plateau de Gschwend en est entièrement formé; il est très-fossilifère à Steinbach, dans la vallée de la Sihl et au Sonnenberg au-dessus du Waag; nous l'avons constaté encore au haut de la Wannen-alp; en un mot, ce terrain est de beaucoup le plus répandu dans cette contrée. — A Steinbach, nous avons pu distinguer dans son épaisseur trois couches de composition minéralogique différente: 1° en bas, une couche de *grès jaunâtre* pétri de grandes nummulites; 2° un grès vert, presque noir, très-dur et rempli de fossiles de toute espèce, de gastéropodes surtout; nous y avons reconnu des cônes, des murex, des rostellaires, des cerithium, des bulles, etc.; 3° un *calcaire bleuâtre,* sans fossiles, d'une assez grande épaisseur.

Le terrain nummulitique est recouvert, en beaucoup d'endroits et surtout dans le fond de la vallée, par le *flysch*, calcaire très-marneux, qui se délite en paillettes minces couvertes d'empreintes de *fucoïdes*.

Nous avons visité vers la source du Glastobel, affluent du Gurgeltobel, un très-grand gisement de gypse, qui repose immédiatement sur le calcaire nummulitique; il y a même, en certains endroits, des veines et des infiltrations de sulfate de chaux dans le calcaire nummulitique; en sorte que dans certaines places il passe à l'état d'albâtre. Ce gisement de gypse tertiaire, signalé déjà par M. le

prof. Escher de Zurich, est intéressant par le fait que, dans ces dernières années, beaucoup de gypses de la Suisse ont été rangés dans la période du trias. Ce dépôt est grand et pourrait facilement être exploité. On voit au milieu du gypse une source minérale très-sulfureuse et probablement ferrugineuse.

PALÉONTOLOGIE. — La couche supérieure du gault de la Wannen-alp présente une curieuse association d'espèces, assez semblable à celle de la Goudinière. Cette couche est composée d'une terre argileuse brunâtre, qui atteint deux à trois pieds dans sa plus grande épaisseur, et qui recouvre une couche d'argile à grains verts ne contenant que des *Inoceramus concentricus*; les grès durs inférieurs ont, comme nous l'avons dit, peu ou point de fossiles. La couche supérieure est donc la seule qui doive en ce moment nous occuper. Elle affleure sur un espace très-restreint et a été exploitée, depuis quinze ans par un montagnard des environs, de sorte que nous n'avons pas trouvé beaucoup de fossiles en place. Nous avons pu toutefois recueillir quelques hamites et une *Ammonites Mayorianus*, qui se trouvait dans la partie inférieure sur l'argile à Inocérames. Les fossiles que cet homme avait encore chez lui et ceux qu'il avait envoyés au Musée de Zurich[1], nous ont permis de faire un catalogue sinon complet, du moins exact de cette faune intéressante. On pourra voir par là que dans une couche de 80 centimètres à peine, on a trouvé ensemble l'*Ammonites*

[1] L'un de nous s'est rendu à Zurich pour prendre les noms de ces fossiles dont la localité avait été indiquée avec grand soin par le Schwytzois et qui ont été ensuite déterminés par M. le prof. Pictet.

inflatus, l'*A. Mayorianus*, l'*A. Velledæ*, l'*A. Beudanti*, l'*A. Milletianus*, l'*Hamites attenuatus*, l'*Anisoceras Saussureanus*, plusieurs *Turrilites*, la *Pleurotomaria Gibsii*, le *Solarium Hugianum*, etc., etc. La Wannen-alp est donc un nouvel exemple du mélange des faunes albiennes, puisque les espèces que nous venons de citer sont parmi les plus caractéristiques des trois périodes du gault. Ce fait ne semble d'ailleurs pas être isolé dans les Alpes de Schwytz, puisque au Pfannen-stöckli, l'*Ammonites inflatus* a été aussi trouvée avec l'*Ammonites Milletianus*.

CATALOGUE DES FOSSILES DE LA WANNEN-ALP.

CÉPHALOPODES.

Nautilus
- Bouchardianus, d'Orb.
- Clementinus, d'Orb.

Ammonites
- Agassizianus, Pict.
- Beudanti, Brug.
- Bouchardianus, d'Orb.
- Candollianus, Pict. et R.
- cristatus, Sow.
- Deluci, Brong.
- Dupinianus, d'Orb.
- inflatus, Sow.
- latidorsatus, Mich.
- mamillaris, Schloth.
- Martini, d'Orb.
- Mayorianus, d'Orb.
- Milletianus, d'Orb.
- nodosocostatus, d'Orb.
- Timotheanus, d'Orb.
- varicosus, Sow.

Ammonites
- Velledæ, Mich.

Ancyloceras
- Blancheti, Pict. et C.

Hamites
- attenuatus, Sow.
- virgulatus, d'Orb.

Anisoceras
- Saussureanus, Pict.

Ptychoceras
- gaultinus, Pict.

Baculites
- Gaudini, Pict. et C.

Helicoceras
- Robertianus, d'Orb.
- gracilis, d'Orb. ?

Turrilites
- elegans, d'Orb.
- Vionneti, Pict. et C.

GASTÉROPODES.

Scalaria
Dupiniana, d'Orb.
Natica
gaultina, d'Orb.
Genevensis, Pict.
Pleurotomaria
Gibsii, Sow.
Turbo
Pictetianus, d'Orb.
Solarium
Hugianum, Pict. et R.
Martinianum, d'Orb.
Pterocera
retusa, Fitt.
Rostellaria
Parkinsoni, Sow.
Dentalium
Rhodani, Pict. et R.

LAMELLIBRANCHES.

Pholadomya
Genevensis, Pict. et R.
Inoceramus
concentricus, Park.
sulcatus, Park.

ECHINODERMES.

Micraster
minimus, Agass.
Catopygus
cylindricus, Desor.

Récapitulation des genres et des espèces.

	Genres.	Espèces.
Céphalopodes.	9	29
Gastéropodes	8	10
Lamellibranches	2	3
Echinodermes	2	2
	21	44

CONCLUSION.

Nous venons de constater dans les Alpes le mélange de deux faunes du gault, mais ce fait n'est pas spécial à l'époque albienne. Il a déjà été observé dans d'autres pé-

riodes géologiques. Il demande par conséquent une explication générale et rationnelle. La science n'est pas encore fixée sur ce point difficile et nous n'avons pas la prétention d'avancer ni une idée nouvelle ni une idée inattaquable Mais ces mélanges que nous venons de signaler ne peuvent-ils pas s'expliquer au moyen des migrations ou du déplacement des animaux marins? Par une étude attentive de ce qui se passe dans les mers actuelles, on a vu que les conditions extérieures jouent un rôle immense dans la distribution géographique des espèces. Certaines espèces ne peuvent se développer que dans une température invariable, tandis que d'autres supportent des variations plus ou moins considérables. Certaines espèces sont pélagiques, et d'autres, étant littorales, vivent à de petites profondeurs. Il est des espèces qui restent enfouies dans la vase, tandis que d'autres se développent sur un sol pierreux. En un mot, chaque espèce a un genre de vie qui lui est propre et qui est lié avec le milieu où elle se trouve. Supposons que par une cause quelconque, telle qu'une modification dans le niveau relatif de la mer et de la terre, ce milieu vienne à changer, les espèces doivent périr ou émigrer. Il est évident qu'elles ne prendront ce dernier parti que si les circonstances le leur permettent; dans ce cas seulement la migration aura lieu. Pourquoi ces causes de modifications n'auraient-elles pas agi à différentes époques? Et en particulier à l'époque du gault? Le niveau relatif des terres et des mers n'a-t-il pas été soumis à de fréquentes oscillations, lentes et brusques, pendant les temps géologiques? Par conséquent on peut admettre les migrations anciennes, et le mélange des faunes dont nous avons parlé nous paraît pouvoir trouver une explication dans le fait d'une faune émigrante venant se fixer dans une région nouvelle.

EXPLICATION DES FIGURES.

Fig. I. Coupe de la chaîne des Vergy à la Goudinière. Cette coupe n'indique les différentes hauteurs que d'une manière approximative. Son échelle est sans rapport avec celles des figures suivantes.

Fig. II. Plan du pré de la Goudinière. — Au sud et au sud-est, escarpement aptien. — Au nord, l'escarpement de la craie domine le pré. — Le gisement de gault occupe l'espace intermédiaire. Nous y avons creusé différentes tranchées. — La tranchée I nous a donné beaucoup de fossiles; nous l'avons poussée jusqu'à l'aptien. Les tranchées II et III nous en ont fourni fort peu; IV nous en a donné une assez grande quantité; V un ou deux échantillons seulement. — L'emplacement indiqué par la lettre C en a fourni antérieurement une grande abondance.

Fig. III. Coupe à $^1/_{25000}$ des vallées du Gurgertobel et Twingetobel (canton de Schwytz, voir la carte fédérale). Cette coupe n'est pas prise suivant une ligne droite. Partant de Hausegg, elle passe par la Mineralquelle, Gschwand, l'extrémité de la Guggernfluh et Waagen, d'où elle se dirige en ligne droite à la Wannen-alp (ou Vamistock).

EXPOSÉ DU SECOND PRINCIPE

DE LA

THÉORIE MÉCANIQUE DE LA CHALEUR

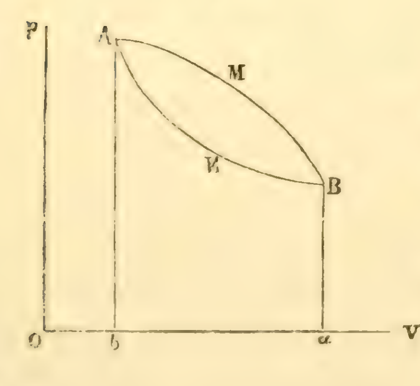
PAR

M. ARTHUR ACHARD,

Ingénieur.

Nous représentons, suivant l'usage, les variations qu'un corps éprouve sous l'influence de la chaleur, par une courbe ayant pour abscisse le volume v du kilogramme de ce corps, exprimé en mètres cubes, et pour ordonnée sa force expansive ou pression p exprimée en kilogrammes par mètre carré. Cette courbe se nomme *ligne thermique*.

Fig. 1.



Si un corps quelconque, sous l'influence de la chaleur qu'on lui applique, se dilate du volume $v_0 = \overline{Oa}$ au volume $v_1 = \overline{Ob}$, en surmontant une résistance constamment égale à sa force expansive, et

suivant la courbe AMB, il accomplit un travail

$$\int_{v_0}^{v_1} pdv = \text{aire } a\text{AMB}b$$

qui peut être l'exact équivalent de la chaleur dépensée. Mais pour que la production de travail soit continue, il faut que le corps revienne à son état initial ; et pour cela, il faut le comprimer du volume v_1, au volume v_0, suivant la courbe BNA, en dépensant un travail

$$\int_{v_1}^{v_0} pdv = \text{aire } a\text{ANB}b$$

et par suite en dégageant une certaine quantité de chaleur. Au bout de la période on n'aura obtenu en définitive que la différence entre le travail obtenu d'abord et le travail dépensé ensuite, différence égale à l'aire AMBNA.

Pour que cette différence soit *positive*, c'est-à-dire représente un travail *obtenu*, il faut que, pour chaque valeur de v, comprise entre v_0 et v_1, l'ordonnée p de la courbe ANB, soit plus petite que celle de la courbe AMB. Or, pour une même valeur de v, p est d'autant plus grand que la température est plus élevée. Ainsi donc, pour une même valeur de son volume, le corps doit avoir une température moins élevée lorsqu'il est comprimé que lorsqu'il est dilaté.

La chaleur dégagée pendant la compression ne reste pas dans le corps, puisque celui-ci revient à son état initial ; mais elle doit être reçue par un réservoir ou

source de chaleur dont la température, d'après ce qui vient d'être dit, est nécessairement inférieure à la température du réservoir ou de la source où la chaleur est empruntée pendant la dilatation. La chaleur acquise par la première de ces sources y est, en réalité, *transportée* de la seconde, en passant par le corps successivement dilaté et comprimé; et l'on peut dire qu'elle est transportée d'une source de chaleur possédant une certaine température à une autre source possédant une température plus basse.

La chaleur transportée de la source supérieure à la source inférieure ne forme qu'une partie de la chaleur empruntée à la première. La différence est précisément la chaleur transformée en travail, c'est-à-dire détruite.

Ainsi pour obtenir, par l'application de la chaleur à un corps, une production périodique de travail, il faut que ce corps subisse d'une manière continue un cycle [1] d'opérations; et la transformation de chaleur en travail qui a lieu pendant chaque cycle est nécessairement accompagnée d'un transport de chaleur. C'est cette vérité qu'on nomme improprement le second principe de la théorie mécanique de la chaleur.

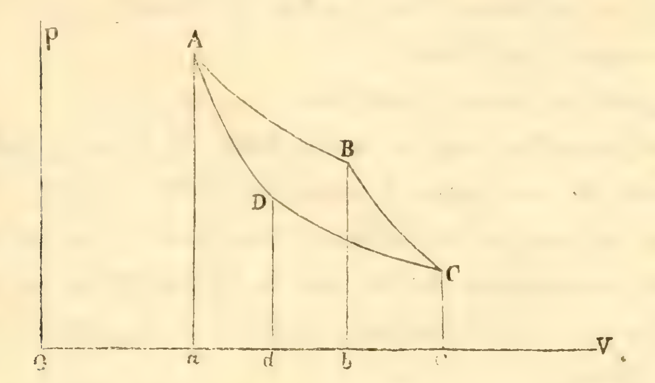
2. Les idées qui précèdent acquerront plus de netteté si nous nous attachons d'abord à un cas particulier que M. Clausius [2] a traité à fond, et dont l'importance apparaîtra plus tard : celui où le corps, par l'intermédiaire duquel la chaleur se transforme périodiquement

[1] M. Clausius désigne par le terme expressif de *Kreisprocess* toute série de modifications prenant un corps dans un état physique déterminé et finissant par l'y ramener. C'est ce terme que nous traduirons, faute de mieux, par *cycle*.

[2] Voyez le mémoire intitulé : *Ueber die bewegende Kraft der Wærme*, Pogg. Annalen, t. LXXIX.

en travail, parcourt un cycle que j'appellerai le *cycle de Carnot*, et qui se compose des opérations suivantes :

Fig. 2.



1° Dilatation AB à la température constante t_1 ;

2° Dilatation BC sans addition ni soustraction de chaleur. La température s'abaisse à t_2 ;

3° Compression CD à la température constante t_2 ;

4° Compression DA sans addition ni soustraction de chaleur, jusqu'à ce que la température redevienne t_1. La 3me opération doit être réglée de telle sorte que la 4e ramène le corps à son état initial, c'est-à-dire que la courbe partant de D se termine au point de départ A.

Le cycle accompli, un travail W, égal à l'aire ABCDA, se trouve définitivement obtenu. Pendant les opérations 2 et 4 il n'y a, par hypothèse, ni chaleur absorbée, ni chaleur dégagée. Mais, pendant la 1re opération, le corps qui subit les opérations et que j'appellerai le corps X, doit emprunter à une source de chaleur, à t_1, une certaine quantité de chaleur H_1, tandis que pendant la troisième opération le corps X cède à une source de chaleur, à t_2, une certaine quantité de chaleur H_2. En vertu de la théorie de l'équivalent mécanique, on a rigoureusement :

$$H_1 - H_2 = W$$ [1]

W est la chaleur détruite et transformée en travail;

H_2 est la chaleur transportée de la source supérieure à la source inférieure;

H_1 est la chaleur dépensée.

Si l'on effectuait le cycle dans le sens ADCBA, le travail W = aire ABDA, au lieu d'être obtenu, serait dépensé et transformé en chaleur; la chaleur H_2 serait transportée de la source inférieure à la source supérieure. Leur somme, c'est-à-dire H_1, serait acquise par celle-ci.

3. Maintenant quelle relation existe-t-il entre la chaleur transformée W, et la chaleur transportée H_2?

Partons de ce principe que *la chaleur ne peut pas être transportée d'un corps à un autre plus chaud, sans qu'un phénomène inverse ou bien une dépense de travail ait lieu simultanément.*

Supposons que, les limites de température t_1 et t_2 demeurant les mêmes, le cycle de Carnot soit appliqué.

1° A un corps X, en donnant lieu à la transformation de la chaleur W et au transport de la chaleur H_2;

2° A un autre corps Y, en donnant lieu à la transformation de la chaleur W', et au transport de la chaleur H'_2.

Soient *m* et *n* deux nombres entiers, tels que :

$$\frac{W'}{W} = \frac{m}{n}$$

[1] Pour plus de simplicité nous supprimons partout le symbole de l'équivalent mécanique en supposant les quantités de chaleur exprimées en kilogrammètres. Cela revient à représenter par 424 la chaleur spécifique de l'eau à son maximun de densité.

Faisons subir au corps X m fois le cycle direct, nous aurons obtenu ainsi le travail mW et transporté la chaleur mH_2 de la source supérieure à la source inférieure; puis faisons subir au corps Y n fois le cycle inverse; nous aurons dépensé le travail nW' et transporté la chaleur nH'_2 de la source inférieure à la source supérieure. Au bout de cette double série de cycles, les travaux obtenus et dépensés se compensent rigoureusement, puisque $mW = nW'$. Il est donc impossible que la source supérieure ait acquis de la chaleur aux dépens de l'autre. Donc on n'a pas : $mH_2 < nH'_2$.

En supposant que le corps Y subisse n cycles directs, puis le corps X m cycles inverses, on montrerait de même que l'on n'a pas : $mH_2 > nH'_2$.

Par conséquent :

$$m\,H_2 = n\,H'_2\,.$$

D'où :

$$\frac{H'_2}{H_2} = \frac{m}{n} = \frac{W'}{W}.$$

Ou bien :

$$\frac{H'_2}{W'} = \frac{H_2}{W}. \qquad (1)$$

Dans ce qui précède les corps X et Y sont censés quelconques quant à leur nature propre et quant à leur volume et à leur pression. De plus, les variations de volume et les variations de pression correspondant aux cycles que ces corps subissent respectivement, ont des amplitudes qui n'ont pas été supposées égales. Les températures t_1 et t_2 ont seules été spécifiées et sont les mêmes pour ces deux corps. Ainsi donc :

Entre des limites données de température, le rapport entre la chaleur transportée et le travail obtenu, dans le

cycle de Carnot,[1] *est constant, quelle que soit la nature du corps qui parcourt le cycle et son état physique.*

Ou en d'autres termes : *Ce rapport n'est fonction que des limites de température et cette fonction est la même pour tous les corps.*

Ces proportions sont vraies pour le rapport entre la chaleur *dépensée* et le travail obtenu ; car, puisque l'on a, en vertu du principe fondamental de la théorie :

$$H_1 = H_2 + W \; ; \; H'_1 = H'_2 + W'$$

la proportion (1) entraîne celle-ci :

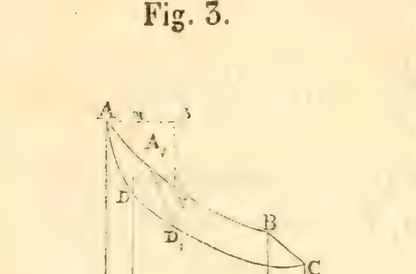
$$\frac{H_1}{W} = \frac{H'_1}{W'} \qquad (2)$$

C'est à dessein que nous appelons H_1 la chaleur *dépensée* ; car cette chaleur étant en partie détruite, en partie accumulée dans un réservoir de chaleur à t_2 est irrévocablement perdue pour le réservoir à $t_1 > t_2$, et par suite ne pourra pas être employée à produire du travail dans un des cycles subséquents. C'est pour cette raison que le rapport $\frac{W}{H_1}$ se nomme le *coefficient économique* d'une machine réalisant le cycle proposé.

4. Considérons maintenant un cycle de Carnot dans

[1] Nous disons *dans le cycle de Carnot*, car on a supposé que toute la chaleur H_1 était appliquée au corps à la température supérieure, et toute la chaleur H_2 cédée par lui à la température inférieure, et ce cycle est le seul où cette condition soit réalisée.

Fig. 3.



lequel la variation de température due à la compression ou à la dilatation, soit infiniment petite. Les courbes AB et DC sont alors infiniment rapprochées et le travail obtenu en un infiniment petit du 1er ordre $dW =$ aire ABCD. A mesure que les températures t_1 et t_2 tendent vers leur limite commune t, les quantités de chaleur H_1 et H_2 tendent vers une limite commune H. Nous avons en vertu de ce qui a été dit au § précédent :

$$\frac{W}{H} = f(t_1, t_2)$$

la fonction f s'annulant pour $t_1 = t_2$, car il est manifeste que si les deux sources de chaleur ont des températures égales, il n'y a pas de travail obtenu. Posons pour un moment : $t_1 - t_2 = \Delta t$; nous aurons :

$$\frac{W}{H} = f(t_2 + \Delta t, t_2) = f(t_2, t_2) + \frac{d f(t_2, t_2)}{dt_2} \Delta t$$
$$+ \frac{d^2 f(t_2, t_2)}{dt_2} \frac{\Delta t^2}{2} + \text{etc.}$$

ou bien, puisque $f(t_2, t_2) = 0$, d'après ce qui vient d'être dit

$$\frac{W}{H} = \frac{d.f_1(t_2, t_2)}{d t_2} \Delta t + \frac{d^2 f(t_2, t_2)}{d t_2} \frac{\Delta t^2}{2} + \text{etc.}$$

ou :

$$\frac{W}{H} = \frac{d f_1 (t_2)}{dt} \Delta t + \frac{d^2 f_1 (t_2)}{dt^2} \frac{\Delta t^2}{2} + \text{etc.}$$

Si nous supposons que Δt décroisse indéfiniment, comme H reste constant, le premier membre tendra vers la quantité :

$$\frac{dW}{H} \text{ ou } \frac{dH}{H}$$

le second membre tendra vers

$$\frac{d f_1 (t)}{dt} dt$$

La dérivée

$$\frac{d f_1 (t)}{dt}$$

se désigne par μ et se nomme *fonction de Carnot.*

Ainsi nous aurons à la limite :

$$\frac{dH}{H} = \mu \, dt$$

et en intégrant :

$$H = K e^{\int \mu \, dt} = K \varphi (t) \qquad (3)$$

La fonction μ, étant la même pour tous les corps, peut être déterminée par l'étude d'une classe particulière de corps. Les gaz permanents, dont les propriétés sont les plus simples et les mieux connues, permettent de la déterminer.

Les limites de température, t et $t + dt$, demeurant les mêmes, si nous supposons que la variation de volume devienne infiniment petite, μdt continuera à exprimer le

rapport entre la chaleur transformée en travail et la chaleur dépensée ou transportée. La première est un infiniment petit du second ordre représenté par l'aire

$$AA_1D_1DA = \text{rectangle } D\alpha\beta\gamma = \overline{D\alpha} \times \overline{D\gamma} = \left(\frac{dp}{dt}\right) dt \times dv;$$

la seconde est un infiniment petit du premier ordre :

$$\left(\frac{dH}{dv}\right) dv.$$

On a donc :

$$\frac{\left(\frac{dp}{dt}\right) dt \,.\, dv}{\left(\frac{dH}{dv}\right) dv} = \mu\, dt \quad \text{ou :} \quad \frac{\left(\frac{dp}{dt}\right)}{\left(\frac{dH}{dv}\right)} = \mu. \qquad (4)$$

Dans le cas d'un gaz permanent le travail intérieur est nul, et comme H se rapporte à des variations de volume qui ont lieu à température constante, nous avons :

$$\left(\frac{dH}{dv}\right) dv = \text{travail extérieur} = pdv, \text{ c'est-à-dire} \left(\frac{dH}{dv}\right) = p.$$

Les lois de Mariotte et de Gay-Lussac donnent :

$$p = \frac{R\,(a+t)}{v},$$

a étant l'inverse du coefficient de dilatation, c'est-à-dire 273, et R une constante ; donc :

$$\frac{dH}{dv} = \frac{R\,(a+t)}{v}. \quad \frac{dp}{dt} = \frac{R}{v}.$$

et en substituant ces valeurs dans l'équation (4) on trouve :

$$\mu = \frac{1}{a+t} \qquad (5)$$

Telle est la valeur de la fonction de Carnot. Alors l'équation (3) devient simplement :

$$H = K\ (a + t). \qquad (3a)$$

Le facteur K introduit par l'intégration est une quantité dont nous pouvons dire qu'elle est indépendante de t, mais rien de plus.

Pour tirer parti de la valeur de μ, on est réduit à faire des hypothèses sur K. M. Zeuner[1] considère K comme une constante propre à chaque corps. Alors en revenant au cycle de Carnot d'amplitude finie, nous trouvons les relations très-simples.

$$\frac{H_2}{H_1} = \frac{a + t_2}{a + t_1}, \quad \frac{W}{H_2} = \frac{t_1 - t_2}{a + t_2}, \quad \frac{W}{H_1} = \frac{t_1 - t_2}{a + t_1}. \qquad (6)$$

5. Nous allons continuer d'étudier la question du transport de chaleur dans un cycle en suivant les recherches de M. Macquorn Rankine, et nous commencerons par indiquer le point de départ de ce physicien.

Si un corps quelconque, auquel on applique de la chaleur, est libre de se dilater, la chaleur qui lui est appliquée, et qu'on nomme la *chaleur totale*, se compose de deux parties : 1° la *chaleur latente*, qui est détruite en donnant lieu à une somme équivalente de travaux intérieurs et extérieurs ; 2° la *chaleur actuelle* ou *thermométrique*, dont l'effet est d'élever la température du corps et qui persiste comme chaleur[2].

[1] Voyez le chap. I de son ouvrage intitulé : *Grundzüge der mechanischen Wærmetheorie*. Cette hypothèse n'est pas énoncée explicitement.

[2] Quand il est question de la chaleur *contenue* dans un corps, il ne peut être question que de chaleur actuelle.

La *chaleur actuelle totale* contenue dans un corps à la température t° est la somme des quantités de chaleur actuelle qu'il faudrait appliquer à ce même corps, supposé entièrement dépourvu de chaleur, pour l'amener à avoir la température t°.

Maintenant qu'est-ce que la température? C'est la manifestation de la tendance qu'ont les corps à se céder mutuellement de la chaleur soit par rayonnement, soit par conductibilité. La tendance de la chaleur à passer d'un corps à un autre est la seule définition que nous puissions donner de l'inégalité de leurs températures.

Nous dirons donc que deux corps sont à des températures égales, quand aucun d'eux ne tend à céder de la chaleur à l'autre. Il suit de là que tous les corps entièrement dépourvus de chaleur ont la même température; car, s'il en était autrement, l'un d'eux tendrait à céder de la chaleur à l'autre, ce qui est impossible, puisque ni l'un ni l'autre n'en contiennent. Cette température, commune à tous les corps entièrement dépourvus de chaleur, se nomme le *zéro absolu*.

A partir de ce point, on peut concevoir une échelle de température, dans laquelle la grandeur absolue des degrés est tout à fait arbitraire, mais dressée de telle sorte que, à chaque degré, corresponde un accroissement constant dans la chaleur actuelle d'un corps donné. Soit Q la chaleur actuelle totale d'un corps dont la température mesurée sur cette échelle est τ, et k l'accroissement constant de chaleur actuelle correspondant pour ce corps à chaque degré de cette échelle. Nous aurons en vertu de la définition ci-dessus :

$$Q = k\tau. \qquad (7)$$

La constante k propre à chaque corps se nomme la *chaleur spécifique vraie*.

Ce mode de graduation conduit nécessairement à une échelle de température commune à tous les corps. Soient, en effet, A et B deux substances homogènes ayant respectivement pour chaleurs spécifiques vraies k_a et k_b. Supposons que 1 kilog. de A et 1 kilog. de B, étant en contact et en équilibre de température, contiennent respectivement les chaleurs actuelles totales Q_a et Q_b. Si nous appelons τ leur température commune, nous aurons :

$$\tau = \frac{Q_a}{k_a} = \frac{Q_b}{k_b} \qquad (8)$$

Ajoutons ensuite à A et à B supposés disjoints, respectivement n kilog. de la substance A et n kilog. de la substance B, ces poids additionnels étant supposés dépourvus de toute chaleur. Soient τ' la température qu'aura la substance A et τ'' celle qu'aura la substance B, après que l'équilibre de température se sera établi au sein de chacune d'elles. Nous aurons :

$$\tau' = \frac{Q_a}{(n+1)\,k_a} \qquad \tau'' = \frac{Q_b}{(n+1)\,k_b}$$

En vertu des équations (8) τ'' ne peut différer de τ' que si k_b a varié, ce qui est contraire à l'hypothèse. Donc $\tau''=\tau'$, ce qu'il fallait démontrer.

L'échelle de température ainsi définie, se nomme, en raison de son point de départ, qui est le zéro absolu, l'échelle *des températures absolues* ; on pourrait aussi, en raison du mode de graduation, l'appeler l'échelle *des températures vraies*. Telle est la nouvelle définition de la

température à laquelle la théorie mécanique de la chaleur a conduit M. Rankine.[1]

Quant à la position du zéro absolu, si nous admettons, conformément à toute probabilité, qu'elle correspond à la température d'un gaz permanent entièrement dépourvu de force expansive, elle sera exprimée en degrés centigrades par $-a = -273^\circ$, puisque en vertu des lois de Mariotte et de Gay-Lussac, on a $p = o$ par $t = -a$. Nous poserons donc :

$$\tau = a + t = 273 + t$$

6. M. Rankine admet, en outre, l'hypothèse suivante, à laquelle la détermination précédente du zéro absolu de chaleur est évidemment conforme :

La quantité de chaleur qui est détruite (ou, en d'autres termes, qui devient latente) par suite de la dilatation subie par un corps quelconque, est proportionnelle à la chaleur actuelle totale contenue dans ce corps.

Si l'on observe que les quantités de chaleur désignées par H_1, H_1, H_2, à propos du cycle de Carnot, ne se composent que de chaleur latente, puisqu'elles sont censées

[1] Les recherches publiées par M. Rankine dans le tome XX des *Transactions of the R. S. of Edinburgh*, sont consacrées au développement d'une hypothèse moléculaire qu'il a imaginée pour expliquer les phénomènes de chaleur. Dans un ouvrage didactique publié plus tard : *A manual of the steam engine and other prime movers*, 2e édition, page 306, il pose comme second principe de la thermodynamique la proposition suivante, qui est vraisemblablement l'équivalent ou la conséquence de cette hypothèse : *If the total actual heat of a homogeneous and uniformly hot substance be conceived to be divided into any number of equal parts, the effects of those parts in causing work to be performed are equal.* Puis dans l'énoncé analytique de cette proposition, il donne à entendre évi-

communiquées à un corps pendant que sa température ne varie pas, et si l'on tient compte des relations

$$Q = k\tau, \qquad a + t = \tau$$

on reconnaîtra sans peine que l'hypothèse que M. Zeuner a faite en supposant constant le facteur K, qui figure dans les équations (3) et (3a), est au fond identique avec celle que nous venons d'énoncer.

7. M. Rankine[1] donne aux lignes thermiques le nom de *lignes isothermes* : AT (fig. 4) quand les variations simultanées de volume et de force expansive qu'elles représentent ont lieu à température constante ; et celui de *lignes adiabatiques* A N quand ces variations ont lieu sans addition ni soustraction de chaleur. Chaque point du plan des

Fig. 4.

demment que, dU étant le travail accompagnant une dilatation dv et Q étant la chaleur actuelle de l'unité de poids d'un corps, il considère

$$\frac{d.\,dU}{dQ}$$

comme indépendant de Q, et par suite dU comme proportionnel à Q. Si la chaleur devenue latente est empruntée au dehors et non au corps lui-même, Q reste constant et la proportionnalité s'étend à un travail fini.

Pour ces raisons, il m'a semblé qu'en vue des développements qui suivent, l'énoncé ci-dessus pouvait remplacer avec avantage celui de M. Rankine, d'autant plus que ce dernier contient des termes qui n'ont pas un sens parfaitement précis dans le langage mathématique.

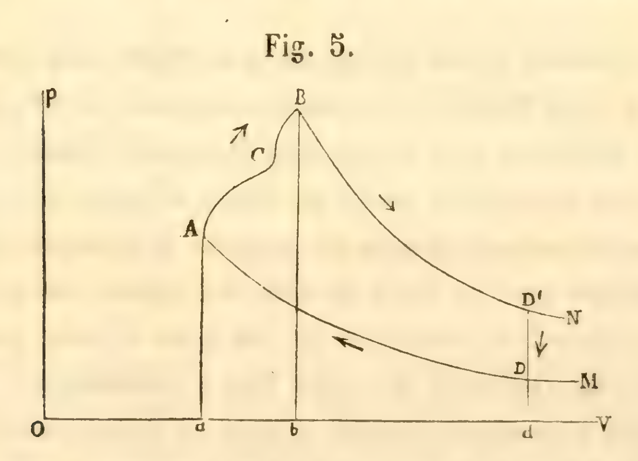
[1] Voyez dans les *Philosophical transactions of the R. S. of London*, 1854, le mémoire intitulé : *On the geometrical representation of the expansive action of heat*, etc.

axes O*p* et *ov* représente un état possible d'un corps déterminé, et par chacun on peut tracer une ligne isotherme et une ligne adiabatique. Les unes et les autres tournent leur convexité vers l'origine des coordonnées et ont les axes pour asymptotes communes. Mais, à mesure que l'abscisse croît, l'ordonnée d'une ligne adiabatique décroît plus rapidement que celle d'une ligne isotherme. Dans le diagramme (fig. 2), qui représente le cycle de Carnot, les courbes AB, CD sont isothermes et les courbes BC et DA sont adiabatiques.

Ces lignes jouissent de propriétés remarquables.

Soit ACB une courbe quelconque représentant les variations d'un corps passant de l'état représenté par les coordonnées de A à celui représenté par les coordonnées de B. Traçons par A et B les lignes adiabatiques AM et BN, et à une certaine distance de l'origine menons l'ordonnée D'D*d* qui coupe AM en D et BN en D'. Enfin soit H la cha-

Fig. 5.



leur totale correspondant au passage de l'état A à l'état B et *h* celle qui correspond au passage de l'état D à l'état D'. Imaginons que le corps partant du point A parcoure le cycle ACBD'DA qui comprend les périodes suivantes:

PÉRIODES.		CHALEUR.		TRAVAIL.
Courbe	ACB	H (appliq. au corps)	aire $aACBb$	(effectuée par le corps)
»	BD′	0	aire $bBD'd$	(id.)
Droite	D′D	h (cédée par le corps)		0
Courbe	DA	0	aire $dDAa$	(absorbé par le corps).

Le cycle achevé, on aura en définitive :

$$H - h = \text{aire ACBD DA}.$$

Cela dit, supposons que l'abscisse correspondant à l'ordonnée D′d augmente indéfiniment, nous aurons :

$$\text{lim.}\ (H - h) = \text{lim.}\quad \text{aire ACBD DA}$$

ou, puisque Ov est une asymptote commune à AM et à BN :

$$H = \text{aire indéfinie}\ \ \text{ACBNMA}. \qquad (9)$$

Le résultat serait le même si le cycle était parcouru dans le sens NBCAM. Seulement la chaleur H serait cédée par le corps au lieu de lui être appliquée. Ainsi : *quand un corps passe d'un état à un autre, d'après une loi représentée par une courbe quelconque, la quantité de chaleur totale qui, en vertu de cette variation, est appliquée à ce corps ou est cédée par lui, est égale à l'aire comprise entre cette courbe et les deux lignes adiabatiques tracées par les extrémités de cette courbe et indéfiniment prolongées.*

Si la variation a lieu à température constante t_1, les

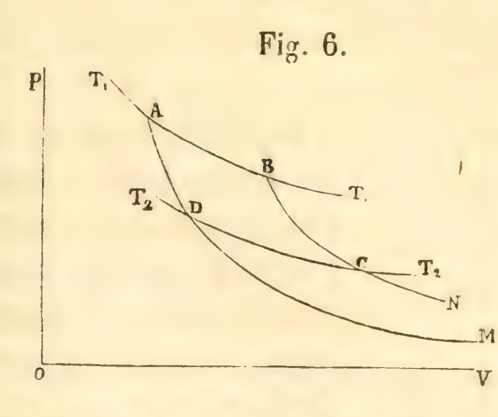


Fig. 6.

points A et B sont situés sur une même ligne isotherme T_1T_1, et la chaleur totale H_1 a pour valeur : aire MABN. De même si T_2T_2 est une ligne isotherme correspondant à la température t_2 et coupant AM et BN en D et C, la chaleur totale H_2 correspondant à la variation DC aura pour valeur : aire MDCN. Mais puisque les variations sont censées se faire à la température constante, la chaleur totale correspondante se réduit à la chaleur latente. Alors si nous désignons par Q_1 et Q_2 les chaleurs actuelles totales correspondant aux températures t_1 et t_2, nous aurons, en vertu de l'hypothèse de M. Rankine :

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{\text{aire MABN}}{\text{aire MDCN}} = \frac{Q_1}{Q_2} \qquad (10)$$

ou bien puisque :

$$Q = k\tau :$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{\text{aire MABN}}{\text{aire MDCN}} = \frac{\tau_1}{\tau_2} \qquad (11)$$

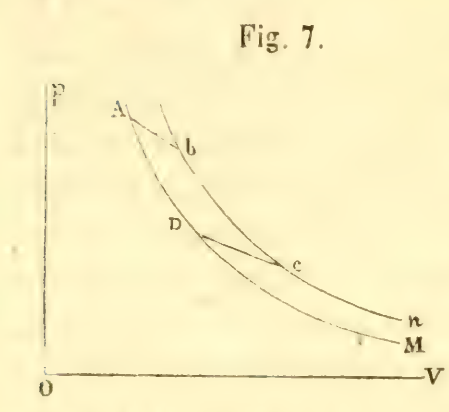
Il est aisé de voir que ABCD représente précisément le diagramme du cycle de Carnot, la chaleur H_1 étant appliquée au corps et H_2 étant cédée par lui. Alors on a :

$$\frac{W}{H_1} = \frac{H_1 - H_2}{H_1} = \frac{\tau_1 - \tau_2}{\tau_1} \qquad \frac{W}{H_2} = \frac{H_1 - H_2}{H_2} = \frac{\tau_1 - \tau_2}{\tau_2} \qquad (12)$$

Si nous remplaçons τ par sa valeur $a + t$ dans les équa-

tions (11) et (12), nous retrouverons précisément les équations (6).

Fig. 7.

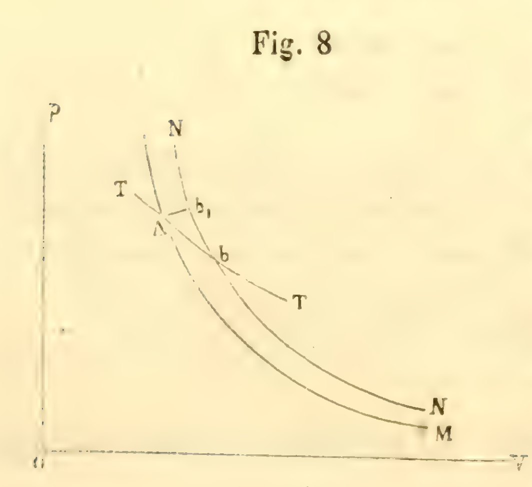


En vertu de ce qui a été dit soit au présent §, soit au § 3, les mêmes relations auront lieu pour un cycle de Carnot AbcD, dans lequel les températures $\tau_1 = a + t_1$ et $\tau_2 = a + t_2$ restant les mêmes, les variations de volume à température constante seraient infiniment petites, c'est-à-dire qui serait compris entre des lignes adiabatiques AM et bn infiniment voisines.

8. Par un point A représentant l'état d'un corps, traçons la courbe adiabatique AM ; traçons aussi la ligne adiabatique infiniment voisine NN. Soit sur cette dernière un point b_1 tel que Ab_1 fasse avec AM et EN des angles finis. La chaleur totale à appliquer pour le passage de l'état A à l'état infiniment voisin b_1 a pour valeur :

$$d\text{H} = \text{aire MA}b_1\text{N}.$$

Fig. 8



Traçons par A la courbe isotherme TT. Elle coupe NN en b. Les aires MAb_1N et MAbN sont des infiniment petits du premier ordre et ne diffèrent que d'un infiniment petit du deuxième ordre

bAb_1. Par conséquent, on pourra écrire :

$$dH = \text{aire } MAbN.$$

Il en serait de même si le corps passait de l'état b_1 à l'état A. Seulement dH représenterait de la chaleur abandonnée par le corps. En résumé, la chaleur totale appliquée au corps dans son passage de A à b_1 ou cédée par lui dans son passage de b_1 à A, est la même que si la variation d'état était représentée par la ligne brisée Abb_1.

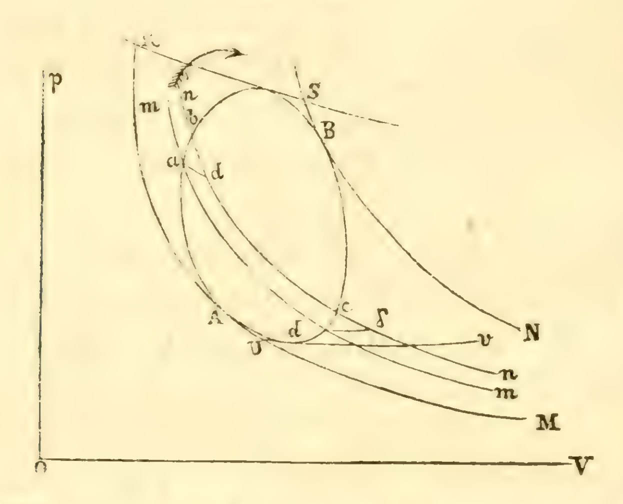
Cela étant, soient A et B deux états quelconques d'un corps et AB la courbe quelconque représentant la loi du passage de l'un à l'autre. Traçons les lignes adiabatiques extrêmes AM et BN, et par les points intermédiaires a_1, b_1, c_1, etc., de la courbe AB, traçons des lignes adiabatiques infiniment voisines les unes des autres ; enfin par les points A, a_1, b_1, c_1, etc., traçons les éléments de lignes isothermes Aa, a_1b, b_1c, c_1d, etc. La chaleur totale correspondant à la variation d'état AB est la même que celle qui correspondrait à une variation représentée par la ligne brisée $Aaa_1bb_1c \ldots$B, puisque l'aire MABN qui la représente est la limite vers laquelle tend la somme des aires infinitésimales ma_1bn, nb_1cp, etc., à mesure que les intervalles Aa_1, a_1b_1, etc., décroissent indéfiniment. Cette chaleur totale, appliquée au corps quand celui-ci passe

Fig. 9.

de l'état A à l'état B, est cédée par lui quand il passe de l'état B à l'état A.

9. Nous pouvons maintenant nous rendre compte du transport de chaleur qui a lieu dans un cycle quelconque,

Fig. 10.



Soit ACBD la courbe fermée qui le représente. Parmi toutes les courbes adiabatiques qu'on peut tracer, il en est deux, AM et BN, dans lesquelles il est inscrit et qui lui sont tangentes respectivement en A et en B. Le sens dans lequel le cycle est parcouru étant indiqué par la flèche, nous savons que dans la partie ACB du cycle, le corps reçoit de la chaleur du dehors, tandis que dans la partie BDA, il en cède. Par conséquent, d'après les propositions établies, nous aurons :

Chaleur absorbée par le corps en ACB .... = aire MACBN
Chaleur cédée par le corps en BDC ou ch. transportée = aire MADBN
Chaleur transformée en travail = W............ = aire ACBD

$$\text{coefficient économique} \ldots = \frac{\text{aire ACBD}}{\text{aire MACBN}} \qquad (13)$$

Traçons deux courbes adiabatiques infiniment rappro-

chées *mm*, *nn*, interceptant sur le diagramme les arcs infiniment petits *ab* en ACB et *dc* en BDA. Traçons par *a* et *d* les éléments $a\alpha$ et $d\delta$ de courbes isothermes et soient τ_a et τ_d les températures absolues correspondantes. Soit dH_1 la chaleur appliquée au corps pour l'arc *ab* du diagramme et dH_2 la chaleur cédée par lui pour l'arc *cd*. D'après ce qui a été dit au commencement de ce paragraphe, nous avons :

$$\frac{dH_1}{dH_2} = \frac{\tau_a}{\tau_d} \qquad (14)$$

par conséquent :

$$dH_1 = A\tau_a \quad ; \quad dH_2 = A\tau_d\,.$$

Pour d'autres paires d'arcs infinitésimaux correspondants [1], nous aurions de même :

$$dH'_1 = B\tau'_a \qquad dH'_2 = B\tau'_d$$
$$dH''_1 = C\tau''_a \qquad dH''_2 = C\tau''_d$$

et ainsi de suite.

Appelons H_1 la chaleur totale appliquée au corps dans le cycle et correspondant à la portion ABC du diagramme, et H_2 la chaleur totale cédée par lui dans le cycle et correspondant à l'autre portion BDA, nous aurons :

$$H_1 = \Sigma\, dH_1 = A\tau_a + B\tau'_a + C\tau''_a + \text{etc.}$$
$$H_2 = \Sigma\, dH_2 = A\tau_d + B\tau'_d + C\tau''_d + \text{etc.}$$

Mais si nous tenons compte de la relation $Q = k\tau$ et si nous observons que les quantités de chaleur dH_1, dH_2,

[1] C'est-à-dire interceptés sur le diagramme par une même paire de courbes adiabatiques infiniment voisines.

dH'_1, etc., pouvant être considérées comme appliquées au corps ou cédées par celui-ci à des températures *constantes* τ_a, τ_d, τ'_a, etc., ne se composent que de chaleur latente, nous verrons que l'hypothèse énoncée au § 6 entraîne l'égalité des facteurs infiniment petits A, B, C, etc. Donc :

$$H_1 = A\,(\tau_a + \tau'_a + \tau''_a + \text{etc.}) = A.\Sigma\,\tau_a.$$
$$H_2 = A\,(\tau_d + \tau'_d + \tau''_d + \text{etc.}) = A.\Sigma\,\tau_d.$$

Nous avons par conséquent :

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{\Sigma\,\tau_a}{\Sigma\,\tau_d}$$

D'où nous déduisons pour le coefficient économique :

$$\frac{W}{H_1} = \frac{H_1 - H_2}{H_1} = \frac{\Sigma\,\tau_a - \Sigma\,\tau_d}{\Sigma\,\tau_a} = \frac{\Sigma\,(\tau_a - \tau_d)}{\Sigma\,\tau_a} = 1 - \frac{\Sigma\,\tau_d}{\Sigma\,\tau_a} \quad (15)$$

On voit ici l'importance spéciale qui s'attache au cycle de Carnot ; un cycle quelconque peut se décomposer en une infinité de cycles de Carnot analogues à celui de la fig. 7.

Désignons par τ_1 la plus élevée des températures par lesquelles le corps passe, tandis qu'il reçoit de la chaleur du dehors ; par τ_2 la plus basse de celles par lesquelles il passe, tandis qu'il en cède. Si toute la chaleur appliquée du dehors l'était à la température τ_1 et si toute la chaleur cédée l'était à la température τ_2, le cycle proposé se trouverait remplacé par un cycle de Carnot dont le diagramme RSUV serait circonscrit au diagramme proposé et auquel correspondrait le coefficient économique

$$\frac{\tau_1 - \tau_2}{\tau_1} = 1 - \frac{\tau_2}{\tau_1}$$

Soit n le nombre des zones pareilles à *abcd* dans lesquelles on suppose découpé le diagramme proposé.

Nous avons par hypothèse :

$$n\,\tau_1 > \Sigma\,\tau_a \qquad n\,\tau_2 < \Sigma\,\tau_d$$

Par conséquent :

$$\frac{\tau_2}{\tau_1} < \frac{\Sigma\,\tau_d}{\Sigma\,\tau_a}$$

et comme ces deux fractions sont inférieures à l'unité :

$$1 - \frac{\tau_2}{\tau_1} > 1 - \frac{\Sigma\tau_d}{\Sigma\,\tau_a}$$

Ainsi : *entre des limites données de température le coefficient économique atteint son maximum quand toute la chaleur appliquée au corps l'est à la limite supérieure et quand toute la chaleur cédée l'est à la limite inférieure.* En d'autres termes : *c'est au cycle de Carnot que correspond le coefficient économique maximum.*

Le coefficient économique est le rapport entre le travail produit (ou la chaleur détruite) par une machine calorique quelconque et la chaleur dépensée, pendant un nombre quelconque de coups de piston. Quels que soient le fluide moteur employé et la disposition de la machine, ce rapport ne pourra jamais excéder la limite

$$\frac{\tau_1 - \tau_2}{\tau_1} = \frac{t_1 - t_2}{273 + t_1}$$

et dans la pratique il ne l'atteindra jamais.

10. Reprenons l'équation (14). Elle peut s'écrire :

$$\frac{d\,H_1}{\tau_a} = \frac{d\,H_2}{\tau_d}$$

De plus, si nous désignons par dW l'élément *abcd* de l'aire ABCD qui représente le travail W obtenu dans le cycle, nous avons :

$$dH_1 - dH_2 = dW \qquad (15)$$

Jusqu'ici nous avons envisagé les quantités de chaleur par rapport à elles-mêmes ; alors peu importe qu'elles passent d'une source de chaleur au corps moteur ou *vice versâ*, leur signe est toujours le même. Mais il n'en sera plus de même si nous les envisageons par rapport au corps moteur qui les reçoit ou qui les cède, et si nous affectons du signe + celles qui sont appliquées à ce corps, nous sommes obligés d'affecter du signe — celles qu'il abandonne. Alors les équations ci-dessus deviendront, puisque dH_2 se trouve négatif :

$$\frac{dH_1}{\tau_a} + \frac{dH_2}{\tau_d} = 0 \qquad (14\,a)$$

$$dH_1 + dH_2 = dW \qquad (15\,a)$$

Et si nous ajoutons membre à membre les équations ainsi obtenues pour chacune des zones *abcd*, dans lesquelles on peut décomposer le diagramme, nous obtiendrons les équations :

$$\int \frac{dH}{\tau} = 0 \qquad (16)$$

$$\int dH = W. \qquad (17)$$

dH désignant, suivant son signe, la chaleur totale appli-

quée au corps ou cédée par lui, pour une variation d'état représentée par un arc infiniment petit du diagramme, τ étant la température absolue à laquelle cette quantité de chaleur a été communiquée ou cédée et le signe $\int$ s'étendant à tout le périmètre du diagramme. Nous avons ainsi retrouvé des relations que M. Clausius[1] avait découvertes par une voie toute différente.

L'équation (17) est d'une généralité absolue pour tout cycle ; c'est la conséquence immédiate du principe de l'équivalent mécanique. Mais la loi si simple établie au § 3 étant basée sur la reversibilité du cycle, on peut soupçonner que l'équation (16), qui en est l'expression, n'est pas applicable au cas d'un cycle irréversible. Or, un cycle peut être rendu irréversible par deux genres de phénomènes dont l'absence a été implicitement supposée dans les prémisses qui ont servi à établir cette équation :

1° Le corps moteur, pendant la période d'acquisition de chaleur, est en contact avec des réservoirs de chaleur plus chauds que lui ; pendant la période de cession de chaleur il est en contact avec des réservoirs de chaleur plus froids que lui. La première de ces circonstances laisse intacte la somme des quantités de chaleur positives, tandis que la seconde augmente la somme de celles qui sont négatives.

2° Le corps moteur surmonte en se dilatant une pression extérieure inférieure à sa propre force expansive. Il en résulte que, pour une dilatation donnée, une moindre quantité de chaleur latente est requise. La somme des quantités de chaleur positives est donc diminuée, sans que celle des quantités négatives soit altérée.

[1] Voyez *Poggend. Annalen*, tome XCIII : *Ueber eine verænderte Form des zweiten Hauptsatzes der mechanischen Wærmetheorie.*

De l'ensemble de ces deux phénomènes, ou d'un seul d'entre eux, il résulte que dans

$$\int \frac{dH}{\tau}$$

la somme des termes négatifs dépasse celle des termes positifs, en sorte que, lorsqu'ils ont lieu, au lieu de

$$\int \frac{dH}{\tau} = 0$$

on a :

$$\int \frac{dH}{\tau} = -N. \qquad (18)$$

N'étant une quantité positive[1].

Quant au coefficient économique, ces deux phénomènes l'abaissent. Par suite du premier

$$\frac{W}{H_1} \text{ devient } \frac{W - \varepsilon}{H_1}$$

par suite du second il devient :

$$\frac{W - \varepsilon_1}{H_1 - \varepsilon_1}$$

[1] M. Clausius est arrivé au même résultat, dans le mémoire déjà cité. Seulement son équation est

$$\int \frac{dH}{\tau} = N$$

parce que, au lieu de rapporter les quantités de chaleur au corps moteur, il les rapporte à l'ensemble des réservoirs de chaleur.

Or, du moment que

$$\frac{W}{H_1} \text{ est } < 1, \text{ on a : } \frac{W - \varepsilon_1}{H_1 - \varepsilon_1} < \frac{W}{H_1}$$

Un cycle irréversible est donc nécessairement moins avantageux qu'un cycle reversible. Par malheur, ce dernier cas est purement idéal ; en effet, une machine calorique ne pourrait jamais marcher si la force expansive du fluide n'excédait pas un peu la pression résistante ; le second phénomène a donc lieu nécessairement. Au point de vue du premier phénomène, le cas du cycle de Carnot excepté, on ne pourrait assurer la réversibilité que par l'emploi des régénérateurs, appareils sur lesquels l'expérience ne semble pas avoir prononcé un verdict bien favorable.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

A. Krönig. Einfaches Mittel um... Procédé simple pour déterminer le lieu d'une image optique. (*Pogg. Ann.* 1864, nº 12, p. 655).

Quand deux points sont sur une même ligne visuelle ou du moins sur deux lignes ne faisant entre elles qu'un très-petit angle, on peut savoir lequel des deux points est le plus éloigné en déplaçant l'œil latéralement. Celui des deux points qui se déplace dans le même sens que l'œil est le plus éloigné.

Supposons en premier lieu qu'il s'agisse de déterminer le lieu exact d'une image objective, on se met au-delà de l'image de manière à la voir nettement, et on fixe une aiguille à un support que l'on place de façon à placer la pointe de l'aiguille à peu près dans l'image. Par le procédé que l'on vient de rappeler, on cherche si la pointe de l'aiguille est plus près ou plus loin de l'œil que le point correspondant de l'image, et on éloigne ou on rapproche le support jusqu'à ce que la coïncidence ait lieu.

S'il s'agit en second lieu d'une image subjective, on se servira comme point de repère de l'image subjective fournie par un miroir plan, image dont la position peut être considérée comme déterminée exactement par les lois de la réflexion. L'observateur se place de manière à voir l'image subjective, dont il veut établir le lieu, au travers d'une plaque de verre à faces parallèles, et derrière lui se trouve un point lumineux dont il voit l'image dans cette même plaque de verre. On établit la coïncidence de

l'image du point lumineux avec un point de l'image subjective, comme on le fait pour la pointe de l'aiguille et l'image objective, et la position de l'image subjective se trouve ainsi déterminée.

R. Bunsen. Thermo-Ketten von..... Éléments thermo-électriques d'une grande énergie. (*Pogg. Ann.* 1864, n° 11, p. 305.)

On sait que dans la série thermo-électrique, qui comprend toutes les substances dont la conductibilité est assez grande pour former un élément thermo-électrique, le bismuth est l'un des termes extrêmes, et l'autre est un alliage formé de deux parties d'antimoine et d'une d'étain. M. Bunsen a trouvé que la pyrolusite doit être placée dans cette série avant le bismuth et que la pyrite cuivreuse occupe un rang encore plus élevé. Un élément formé avec la pyrite et l'alliage mentionné ou mieux, pour pouvoir obtenir une élévation de température plus grande, avec la pyrite et du cuivre, donne un courant bien plus intense qu'aucun courant thermo-électrique obtenu jusqu'ici.

Une lame prismatique de pyrite de 70^{mm} de long, 40 de large et 7 d'épaisseur est prise à ses deux bouts dans deux pinces de cuivre platiné aplanties avec soin. L'une de ces pinces se termine par un prolongement en cuivre que l'on chauffe à la lampe, et l'on maintient l'autre pince à une température inférieure en la plongeant dans l'eau. Pour obtenir le courant, on place les deux pinces dans un circuit.

M. Bunsen a mesuré la force électro-motrice de cet élément et l'a comparée à celle d'un élément de Daniell, ayant une surface cuivre de 1 décim. carré, et chargé avec un mélange de 6 parties d'eau pour une partie d'acide sulfurique. En désignant par e et E, par r et R les forces électro-motrices et les résistances des deux éléments, on a trouvé ainsi pour quatre températures différentes :

$\frac{e}{E}$ égal à $\frac{1}{14.7}$, $\frac{1}{11.9}$, $\frac{1}{10.9}$ et $\frac{1}{9.7}$

et

$\frac{r}{R}$ égal à 0,74, 0,79, 0,72 et 0,72

Pendant l'expérience, la température de l'eau s'élève au-dessus de 60°, avant de se maintenir constante. Bien que la température de la pince qu'on chauffait ait dépassé celle de la fusion de l'étain, la pyrite n'a éprouvé aucune modification sensible. La pyrite se dilate plus que le cuivre, ce qui fait que la pince devenait lâche à une température élevée ; mais on pourra facilement remédier à cela au moyen d'une disposition où la pince fasse ressort et obtenir ainsi avec des températures plus élevées, une force électro-motrice encore plus considérable. On voit que dans la limite des températures employées, on a obtenu une force électro-motrice égale à dix fois celle d'un élément antimoine-bismuth, dont les températures sont 0 100 degrés. Une pile formée de dix de ces éléments donne tous les effets d'un couple de Daniell de 14 cent. carrés de surface de cuivre immergée.

La pyrite naturelle peut se fondre sans éprouver de décomposition, mais la fusion lui fait subir une modification qui la fait descendre bien au-dessous du bismuth dans la série thermo-électrique. Il faut donc se servir du minéral à l'état naturel, et on peut, du reste, le travailler facilement pour lui donner la forme voulue.

La pyrolusite combinée avec le platine donne un élément dont la force électro-motrice peut aller jusqu'à $^1/_{10}$ ième de celle d'un élément de Daniell. On a enroulé autour des deux extrémités d'un cylindre de pyrolusite de 6^{mm} de diamètre et de 50 de long, des fils de platine, et l'une des extrémités chauffée à la lampe, tandis que l'autre était maintenue dans l'eau froide ; on a trouvé que le rapport $\frac{e}{E}$ peut monter jusqu'à $\frac{1}{9,8}$, mais la résistance est assez considérable et r est égal à environ 18 fois R.

H. Buff. Ueber Ton-Erregungen durch..... Sur les sons produits par le courant électrique. (*Pogg. Ann.* 1863, n. 1, p. 78.)

Il s'agit des sons que produit un cylindre métallique creux, fendu suivant sa longueur, lorsqu'on fait passer dans une hélice électro-magnétique qui entoure ce cylindre un courant interrompu. M. Poggendorff a fait voir que le son dépend du courant d'induction qui se développe dans le cylindre, mais on ne sait pas comment ce courant produit le son. Si dans certaines circonstances, il se développe une étincelle au travers de la fente du cylindre, ce n'est pas un phénomène régulier et on ne peut pas admettre non plus que l'action mécanique, électro-magnétique, détermine un écartement périodique des deux bords en contact.

M. Buff a expérimenté avec une feuille de zinc de $4^{mm},5$ d'épaisseur, et de 50 cent. de long sur 8 de large, roulée sur elle-même et dont les deux bords étaient serrés l'un contre l'autre par une presse. Du moment où les deux bords commencent à être en contact, il se produit un bruit sec et d'une certaine intensité, et synchrone avec l'interruption du courant inducteur. Lorsqu'on serre la presse et qu'on augmente, par conséquent, le nombre des points de contact, le bruit augmente d'abord, mais finit par diminuer si l'on continue à serrer.

Dans cette disposition d'appareil il n'est pas possible de déterminer d'une manière précise le point où le son se produit. A moitié de la longueur du tube, on a soudé de part et d'autre de la fente deux fils de cuivre ; l'un communique avec une plaque de laiton placée sur une caisse à renforcer le son, l'autre avec une aiguille dont la pointe repose sur la plaque.

En faisant passer le courant inducteur, on obtient un son renforcé qui est produit au point de contact de l'aiguille et de la plaque. Il n'y a pas cependant en ce point production régulière d'étincelle; ce n'est que si l'on promène l'aiguille sur la plaque

qu'il est possible de constater des étincelles dans l'obscurité. Après avoir fait marcher l'appareil pendant longtemps, il arrive de temps à autre que la plaque est légèrement attaquée, mais ordinairement elle reste brillante.

Dans cette nouvelle disposition l'action électro-magnétique ne peut jouer aucun rôle. Le passage du courant induit au travers d'un point de contact imparfait paraît donc être la condition essentielle du bruit. M. Buff a encore transformé l'appareil de la manière suivante. L'hélice se composait de deux fils parallèles disposés dans les expériences précédentes de manière à être parcourus tous deux dans le même sens par le courant inducteur. On les a séparés; on se sert de l'un comme inducteur et de l'autre comme induit; les deux extrémités de ce dernier communiquent avec la plaque de laiton placée sur la caisse à renforcer le son. Le son se produit avec une grande intensité. Il cesse lorsqu'on amalgame la plaque et qu'on la recouvre d'une goutte de mercure dans laquelle plonge l'extrémité des fils également amalgamée. Tant que l'un des fils n'est pas amalgamé, le bruit continue quoique affaibli. Ainsi le contact imparfait est la condition du phénomène, et l'auteur s'est assuré, sans produire de courant induit, qu'on obtient un bruit analogue à un faible choc en ouvrant et fermant alternativement le circuit inducteur avec un conducteur trempant dans le mercure.

Lorsque dans l'expérience de la plaque, on se sert pour faire passer le courant induit d'un fil très-mince de platine ou d'une aiguille à pointe fine légèrement oxydée; on peut faire rougir la pointe et en observer alors des alternatives dans l'intensité de l'incandescence. Des alternatives semblables doivent se produire dans l'intensité de l'échauffement de la pointe lorsque cet échauffement n'est pas visible, et on peut expliquer la production du bruit par un effet calorifique. Dans un circuit quelconque, il y a un développement considérable de chaleur en un point où la résistance devient elle-même beaucoup plus grande. D'autre part, lorsque le courant n'est pas continu, les portions échauffées doivent se refroidir rapidement; il y a donc en ces points une alter-

native de réchauffement et de refroidissement rapide qui est accompagnée d'une dilatation et d'une contraction. Ces oscillations doivent donner lieu à un son plus ou moins intense. Lors même que ces oscillations déterminent une séparation des deux points en contact, il n'en résulte pas nécessairement une étincelle, parce que la séparation n'a lieu que lorsque le courant ne passe plus.

D'après cette explication, tout courant discontinu doit produire le bruit, et c'est, en effet, ce que M. Buff a constaté de la manière suivante. La discontinuité du courant est produite par une roue dentée sur laquelle presse un ressort ; on fait passer le même courant entre une plaque épaisse de cuivre et la pointe d'une aiguille, le son se produit au point de contact. Un élément Bunsen suffit ; avec deux on peut voir l'incandescence périodique de la pointe.

Indépendamment du phénomène qu'on vient de décrire, l'auteur a observé qu'il se produit dans une hélice parcourue par un courant discontinu un bruit sourd provenant du fil même de l'hélice. L'inducteur déjà décrit se composant de deux fils parallèles, on les a disposés d'abord de manière à être parcourus par le courant dans le même sens ; puis, en second lieu, en sens contraires. Dans le premier cas, le bruit devient plus fort que lorsqu'un seul des fils est dans le circuit ; dans le second cas, au contraire, le bruit cesse. Or, dans ce dernier cas, il est évident que l'action électro-magnétique du système total sur une portion quelconque du fil est à peu près nulle ; l'auteur en conclut que le son en question provient d'un mouvement déterminé par l'action mécanique de l'hélice sur elle-même et non d'un mouvement moléculaire[1].

[1] *Note de la Réd.* Cette conclusion ne nous paraît pas suffisamment fondée. En effet, si le son que rend le fil est un résultat moléculaire de l'établissement du courant dans un conducteur soumis à une action électro-magnétique, ce son doit cesser lorsque l'action électro-magnétique devient nulle, comme cela a lieu dans l'expérience de M. Buff lorsque les deux hélices de son appareil sont parcourues par le courant en sens contraires.

P. VOLPICELLI. SUR L'INFLUENCE ÉLECTRIQUE. NOUVAUX FAITS SUR LA POLARITÉ ÉLECTROSTATIQUE[1]. (*Compt. rend. de l'Acad. des Sc.*, t. LIX, p. 570).

Mes études sur l'électricité statique m'ont de temps en temps conduit à de nouvelles expériences servant à confirmer ce point que l'électricité induite (influence de première espèce) ne possède pas de tension. Dans la présente communication j'indiquerai sommairement ces expériences, en poursuivant l'ordre numérique de celles précédemment publiées.

Douxième expérience. — Une petite sphère métallique, suspendue à un fil de soie, se renferme dans deux plus grands hémisphères, concentriques avec elle et isolés. Qu'on électrise ceux-ci fortement, et puis qu'on les décharge, la petite sphère se trouvera chargée de l'électricité contraire. Ceci ne démontre pas seulement que l'électricité induite n'a pas de tension, mais encore que le pouvoir décomposant de l'influence électrique peut avoir plein effet, même quand son pouvoir attractif a une résultante nulle, comme dans l'expérience qui précède. La distinction très-utile de ces deux pouvoirs n'a pas encore été introduite dans la science.

Treizième expérience. — Si la surface interne d'une bouteille de Leyde contient un tourniquet électrique, celui-ci ou tournera, ou restera immobile, selon que la surface elle-même sera chargée d'électricité inductrice ou induite.

Quatorzième expérience. — Si la surface interne d'une bouteille de Leyde renferme une pointe métallique, et si l'on approche de celle-ci une aile de l'anémomètre très-sensible de Combes, l'instrument se met en rotation ou non, selon que la superficie interne sera chargée de l'électricité inductive ou induite

Quinzième expérience. — Si l'on verse de l'eau dans une bou-

[1] Nous reproduisons deux notes de M. Volpicelli sur l'influence électrique faisant suite à des travaux que nous avons précédemment fait connaître à nos lecteurs. Voyez *Archives* 1859, t. V, p. 265, et 1862, t. XIV, 150.

teille de Leyde, et qu'ensuite on y plonge un aréomètre, celui-ci subira un mouvement ascendant, si la superficie interne est chargée d'électricité inductrice ; et il demeurera constamment immobile si elle est chargée d'électricité induite.

Seizième expérience — Que l'on approche, autant qu'on voudra, un pistolet de Volta de l'armature externe d'une bouteille de Leyde, chargée par la surface interne et placée sur un plateau isolant, il n'y aura pas d'explosion ; mais si l'on approche la main du bouton de la bouteille, l'explosion aura immédiatement lieu par l'étincelle électrique.

Dix-septième expérience. — Si l'on approche de la surface résineuse d'un électrophore, chargé depuis quelques jours, une pointe métallique non isolée, celle-ci subira l'induction ; mais elle ne pourra, même en partie, neutraliser l'électricité inductrice.

Dix-huitième expérience. — L'électricité négative, induite au moyen du disque de verre de la machine électrique, dans les pointes de ses peignes, n'abandonne pas celles-ci pour se porter sur le disque. On s'en convainct si l'on compte le nombre des tours du disque nécessaires pour obtenir le maximum de tension, déterminé soit par l'électromètre à cadran, soit par le spintéromètre, soit par l'électromètre déchargeur de Cuthberton ou de Lane, opérant avec et sans les pointes. On arrive à la même démonstration en se servant du plan d'épreuve.

De toutes ces expériences, rapidement indiquées, on doit conclure que l'électricité induite n'a pas de tension.

Dix-neuvième expérience. — Mettez un plan d'épreuve quelconque en contact avec un conducteur induit et isolé ; en supposant vraie la nouvelle théorie de l'influence électrique, représentez par E_d, E_l, E_i, les électricités dissimulée, libre et introduite dans le cohibant du plan d'épreuve même ; si vous indiquez par C la charge résultant sur ce plan, après qu'il aura été soustrait à l'influence électrique, on devra avoir :

(1) $$C = \pm E_l \pm E_i \pm E_d ,$$

où prévaudront soit les signes supérieurs, soit les inférieurs, selon que l'électricité inductrice était positive ou négative. Nous arrêtant à la première des deux hypothèses, on devra obtenir l'un ou l'autre des trois rapports numériques ci-après :

$$(2) \qquad E_l + E_i >, =, < E_d.$$

Et comme l'expérience confirme ces trois rapports, la nouvelle théorie sur l'induction électrostatique se trouve aussi justifiée.

Les formules (2) jointes à l'expérience nous font conclure :

1° Qu'une ligne *réellement neutre* ne peut exister sur l'induit, mais bien une ligne que nous nommerons *pseudo-neutre,* dans laquelle les deux électricités contraires sont numériquement égales, mais non pas *neutralisées* entre elles ;

2° Qu'en variant la forme et la construction du plan d'épreuve, on doit obtenir, à conditions égales, diverses indications de lignes pseudo-neutres sur le même induit, dont une seule est *absolue,* celle indiquée par un plan d'épreuve privé des effets du cohibant ; toutes les autres sont *relatives* au plan employé. Les distinctions sur lesquelles nous avons appelé ici l'attention, sont nécessaires pour bien reconnaître le phénomène qui nous occupe ;

3° Qu'il existe des plans d'épreuve incapables de manifester aucune ligne pseudo-neutre sur l'induit ;

4° Que l'ancienne théorie est impuissante à expliquer les nouveaux faits de l'influence électrique, alors que la nouvelle donne parfaitement raison de chaque phase de ce phénomène fondamental ;

5° Que la nouvelle théorie ne détruit pas entièrement l'ancienne, comme quelques-uns l'ont cru avec tort ; mais que, seulement, elle la modifie essentiellement dans quelques-unes de ses parties.

Appendice. — Dans les *Comptes rendus* (t. LVIII, p. 1185, ligne 2 ; et t. LIX, p. 184, ligne 8 en remontant), le R. P. Secchi me reproche à tort d'avoir publié dans ce journal que

« son appareil (électro-atmosphérique) contient un fil couvert de « gutta-percha. » Je dois déclarer que je n'ai jamais eu même l'idée d'une assertion de ce genre. J'ai seulement, à propos de l'électricité des murs, désapprouvé [1] l'usage qu'a fait de fils recouverts de gutta-percha le P. Secchi, pour ses expériences sur *cette électricité* [2]; mais je n'ai jamais dit que son appareil contînt un fil couvert de gutta-percha, comme il me le fait dire par erreur.

Du reste, il est certain que si l'extrémité métallique d'un fil de cuivre, couvert de gutta-percha, se place isolée sur le condensateur à piles sèches, en le faisant pour cela seulement s'écarter de la verticale, il manifestera l'électricité positive; et si on l'agite auparavant, il manifestera l'électricité négative.

J'ai aussi vérifié que la paraffine, touchée très-légèrement avec les deux doigts, manifeste l'électricité positive; mais, si on y met moins de délicatesse, elle est négative.

Ces deux faits confirment la polarité électrostatique dans les cohibants, par le seul toucher plus ou moins énergique.

La paraffine, mélangée à l'amalgame de M. Steiner, augmente la tension électrique des machines.

Dans les expériences délicates d'électricité statique, il faut absolument enlever le cohibant ordinaire de gomme laque entre les deux plateaux du condensateur, et le remplacer par deux fils parallèles de soie blanche, plus ou moins fins, selon les cas.

P. Volpicelli. Sur l'influence électrique. Neuvième note. (*Comptes rend. de l'Acad. des Sc.*, t. LIX, p. 962).

La note de M. Gaugain sur l'*électricité dissimulée* [3] se réfère à mes précédents travaux sur cette matière et m'oblige à quel-

[1] *Comptes rendus*, t. LVIII, p. 632, ligne 12.
[2] *Comptes rendus*, t. LVIII, p. 28, ligne 22.
[3] *Comptes rendus*, t. LIX, p. 729. — *L'Institut*, n° 1609, p. 349.

ques observations que je me permets de soumettre à l'Académie, en la priant de vouloir bien les publier.

1° M. Gaugain, nonobstant mes dernières preuves, dit qu'il est encore fortement contesté que l'électricité induite ne possède pas de tension. Cela est vrai, mais ne doit pas étonner, quand il s'agit, comme dans le cas présent, de modifier profondément d'anciennes doctrines. Il est probable qu'il se passera encore bien du temps avant que soit acceptée par tous, comme vraie, la proposition émise par Lichtenberg, dès avant 1794, que l'électricité induite n'a pas de tension[1]. Et pourtant il me semble que mes expériences précédemment publiées devraient en démontrer la vérité.

2° Je ne puis admettre que la divergence actuelle dans les opinions provienne d'une confusion de langage, autrement dit d'un malentendu sur le sens du mot *tension*. Tous ceux qui jusqu'à aujourd'hui ont pris part à la discussion se sont accordés à regarder la tension comme une force répulsive entre les molécules de la même électricité, et à la mesurer avec la divergence accusée par l'électromètre, conformément à ce qu'enseigne tout bon cours de physique.

Je crois, au contraire, que le désaccord provient de ce que jusqu'à aujourd'hui le plus grand nombre des physiciens n'a pas reconnu que l'électricité homologue de l'induisante soit partout sur l'induit isolé, et que la divergence des paillettes sur son extrémité la plus voisine de l'induisante soit produite par l'induction *curviligne* de cette dernière, et non par la tension de l'électricité induite, car elle ne possède *aucune espèce de tension*, quelque sens que l'on veuille donner à ce mot.

Si l'on veut étudier la question posée par Melloni sur l'induction électrostatique, on doit donner à ce mot *tension* le sens que Melloni lui-même lui a donné, et sur lequel tout le monde est tombé d'accord. A soutenir le contraire, une simple assertion ne suffit pas, mais il faudrait des preuves.

[1] Erxleben, *Anfangsgründe der Naturlehre*; Gottingen, 1794, p. 520.

Quand on a démontré par les moyens électrostatiques que l'électricité induite ne possède pas de tension, c'est-à-dire de force répulsive par elle-même, on a démontré ce corollaire, qu'elle n'a pas la faculté de produire des courants. Il n'est donc pas nécessaire, pour démontrer la vérité de la nouvelle théorie sur l'induction électrostatique, de changer le sens, accepté par tout le monde, du mot *tension*.

3° Du reste, il me semble que la proposition de Melloni n'a absolument rien de vague, et par conséquent que l'électricité homologue de l'induisante, sur l'induit isolé, est la seule pourvue de tension et mobile, tandis que la contraire est toute dissimulée et immobile, ou privée de tension. Pour cela nous ne pouvons convenir, ni que la partie dépourvue de tension change de signe, quand on se transporte d'un point à un autre sur l'induit, ni qu'à son extrémité plus loin de l'inductrice il y ait une partie de son homologue privée de tension. Dans le fait, si le cylindre induit n'est pas isolé, il perd la seule homologue de l'induisante et non les deux contraires, supposées par M. Gaugain l'une et l'autre privées de tension sur le même induit. Mais si, agissant comme Wilke, le cylindre induit est composé de deux parties, celles-ci, soustraites à l'induction, manifestent chacune certainement la même électricité, c'est-à-dire celle contraire de l'induisante. Pour cela l'expérience ne peut admettre que sur l'induit se trouvent deux électricités opposées, chacune dissimulée, mais elle veut au contraire qu'il y en ait une seule, la contraire de l'induisante.

4° Malgré cela, nous sommes d'accord avec M. Gaugain, pour admettre seulement que sur l'induit isolé, la partie douée de tension est partout, qu'elle est homologue de l'induisante et que la contraire de celle-ci sur le même induit est privée de tension ou dissimulée. Nous nous abstiendrons de prononcer sur la théorie au moyen de laquelle M. Gaugain déduit ses conséquenses.

CHIMIE.

NÆGELI. DIE REACTION VON JOD... RÉACTION DE L'IODE SUR LA FÉCULE ET LES MEMBRANES DES CELLULES.

Différence entre la granulose et la cellulose sous le rapport de leur action sur l'iode.

Comme on n'a pas encore réussi à isoler la granulose, ses propriétés ne peuvent se déduire que de la comparaison entre un mélange de granulose et de cellulose tel que la fécule et la cellulose elle-même.

Il est évident que les différences qui distinguent la cellulose de la fécule tiennent à la présence de la granulose qui accompagne cette dernière.

J'ai déjà autrefois fondé la distinction entre ces deux substances sur le fait que la cellulose ne se colore pas en bleu lorsqu'on la traite par l'iode, et qu'à égalité d'épaisseur elle se gonfle et se dissout plus difficilement. Des recherches plus récentes permettent de préciser mieux ces différences.

Sous le nom de fécule, j'entends les grains de fécule de pomme de terre. Les propriétés de ceux-ci sont assez celles de toutes les espèces de fécules. Il n'y a que la couche tout à fait superficielle des grains de fécule de pomme de terre et les grains de fécule de certains phanérogames exceptionnels qui soient assez pauvres en granulose pour se comporter comme la cellulose.

Quant au terme de cellulose, je l'emploie dans le même sens que Payen et Mohl, et je désigne sous ce nom la substance constitutive des parois des cellules (excepté de celles des lichens).

Il faut cependant remarquer que certains tissus cellulaires doivent être traités par l'alcali caustique et d'autres par l'acide sulfurique pour produire les mêmes réactions.

Voici maintenant comment on peut formuler la différence qui existe entre la fécule et la cellulose.

1° *La fécule se colore en bleu indigo sous l'action de l'eau iodée.*

La présence simultanée de l'acide iodhydrique ou de l'iode métallique change cette couleur et la fait passer au violet ou au rouge ou au jaune suivant la concentration de la liqueur. Au contraire, la cellulose ne se colore pas en bleu sous l'action de l'eau iodée, mais en faisant agir en même temps que l'eau iodée de l'acide iodhydrique ou de l'iode métallique, on produit une coloration bleue que l'on peut même faire passer au violet ou au rouge ou au jaune en augmentant la dose de ces substances.

J'avais d'abord admis que la cellulose se colorait en rouge pâle, ou sale, ou même en rouge cuivre ou rouge brun ; mais cette opinion est erronée en ce qui concerne l'action de l'eau iodée seule, ainsi que me l'ont prouvé mes nouvelles recherches.

2° *L'iode a plus d'affinité pour la fécule que pour la cellulose, quelles que soient d'ailleurs les autres substances en présence dans l'eau. Ce n'est que dans les liqueurs qui contiennent de l'acide iodhydrique ou de l'iodure de zinc ou de l'acide sulfurique très-concentrés que la cellulose a plus d'affinité que la fécule pour l'iode.*

Ce renversement dans l'affinité de l'iode pour la fécule et pour la cellulose est caractéristique. On le démontre par les expériences suivantes. Quand on met de la fécule de pomme de terre et du coton dans de l'iodure de zinc contenant un peu d'iode en dissolution, on voit les grains de fécule se colorer en brun foncé et les fils de coton en rouge violet. Si on laisse la préparation séjourner quelque temps sur le porte-objet, les grains de fécule du bord commencent à se gonfler ; suivant les circonstances, ils se colorent en rouge cerise ou en violet, puis passent au rouge clair et redeviennent enfin incolores. Ces transformations successives de la fécule se propagent successivement des bords vers le centre de la préparation. A la fin la fécule s'est entièrement convertie en une colle incolore.

Dans les mêmes circonstances les fils de coton conservent encore longtemps leur coloration (pendant plusieurs jours ou même plusieurs semaines). Ils sont d'abord violets, puis rose clair et finissent aussi par redevenir incolores.

Ce résultat peut s'expliquer de deux manières : ou bien la cellulose du coton a plus d'affinité pour l'iode que la fécule, ou bien la consistance plus dense du coton lui permet de retenir l'iode, même en dépit de l'évaporation, plus longtemps que ne le peut faire la fécule fortement gonflée. Les expériences suivantes sont en faveur de la première de ces explications.

La première expérience consiste à colorer de nouveau par l'iode la préparation de fécule et de coton après qu'elle est redevenue incolore. Dans ce cas on voit les fils du coton s'emparer les premiers de l'iode ; ils sont déjà rose clair que la colle de farine est encore incolore, puis ils passent au rouge-violet pendant que la colle commence à se colorer en jaune, enfin ils gardent la même teinte pendant que la colle passe au violet sale.

Une autre expérience montre l'influence de la densité de la cellulose sur l'attraction qu'elle exerce sur l'iode et la force avec laquelle elle retient cette substance. Pour cela on chauffe du coton avec du chlorure de zinc jusqu'à ce qu'on ait obtenu une matière de consistance gélatineuse qu'on laisse refroidir. On ajoute ensuite un peu de coton intact et l'on traite le tout par l'iodure de zinc additionné d'iode. On observe alors que la portion gélatineuse du mélange se colore beaucoup plus vite que le coton intact. Ce dernier prend cependant la même couleur que le reste si on augmente la dose d'iode. En abandonnant la préparation à elle-même pendant plusieurs jours sans la recouvrir, on peut constater que le coton intact perd sa coloration plus vite que la matière gélatineuse. On conclut de ces faits que la cellulose la plus dense se combine moins vite avec l'iode et la retient moins longtemps que la cellulose moins dense.

La fécule se comporte sous ce rapport de la même manière que la cellulose. Pour s'en assurer, il suffit de mêler ensemble de la fécule de pomme de terre et de la colle faite avec de la fécule de pomme de terre et de traiter le mélange par l'iode. On voit alors que la colle s'empare la première de l'iode.

Pour comparer la fécule avec la cellulose, on traite du coton

par un mélange de chlorure de zinc et d'iodure de zinc. On cuit ce mélange jusqu'à consistance gélatineuse et on le reprend par l'eau. Puis on le fractionne en plusieurs portions qu'on place sur des verres de montre plats. On ajoute de la fécule de pomme de terre dans chaque portion, et on traite ensuite chacune d'elles par une solution iodée d'iodure de zinc à divers degrés de concentration. Alors la fécule seule se colore en bleu avec l'iodure de zinc le moins concentré, en rouge quand la concentration est plus grande, et enfin en rouge-feu et orange dans le verre où la liqueur est la plus concentrée. Quant à la colle de coton, elle reste incolore tant que l'iode n'est pas en excès. On abandonne alors le verre de montre sans le recouvrir et la fécule passe partout au rouge-feu, parce que l'évaporation concentre la liqueur dans chaque verre. Plus tard l'évaporation amène le gonflement des grains de fécule qui passent alors au violet, puis au rouge-clair et finissent par se décolorer.

Mais si au moyen d'une quantité d'iode suffisante, on colore non-seulement la fécule, mais aussi la colle de coton, et si on laisse agir l'évaporation comme précédemment, on voit les fils de coton conserver une teinte rouge-cerise après que le reste de la matière s'est entièrement décolorée.

Différence entre la granulose et la cellulose sous le rapport de leur faculté de gonfler et de leur solubilité.

Bien qu'on ne connaisse point la granulose à l'état libre, on peut jusqu'à un certain point l'identifier à la fécule sous le rapport de sa réaction avec l'iode, puisque la cellulose qui entre avec elle dans la constitution de la fécule ne se colore pas dans l'eau iodée. Mais la propriété de se gonfler et la solubilité ne fournissent point un moyen de distinction aussi clair, car la granulose et la cellulose possèdent toutes les deux ces propriétés, à des degrés divers, il est vrai. Quand on voit la fécule se dissoudre plus facilement que la cellulose dans un certain liquide, et moins facilement qu'elle dans un autre liquide, on ne peut douter que

cela ne tienne à la plus ou moins grande quantité de granulose contenue dans la fécule. On doit être porté à penser que si on pouvait observer la granulose libre, on la trouverait plus soluble que la cellulose dans les liquides dans lesquels la fécule est plus soluble que la cellulose, et *vice versâ*.

Cette prévision n'est cependant point une certitude. Il pourrait, en effet, en être de l'alliage de la cellulose avec la granulose comme de certains alliages métalliques dont la solubilité et les autres propriétés physiques ne sont pas la moyenne entre celles des métaux alliés et dépassent cette moyenne. Voici la règle sûre qu'on peut établir en ce qui concerne les deux propriétés en question :

La fécule à égalité de densité se gonfle plus vite et se dissout plus vite que la cellulose dans l'eau, les acides et les alcalis, ainsi que sous l'influence d'une élévation de la température ; au contraire, à égalité de densité, la cellulose se dissout et se gonfle plus vite que la fécule dans l'oxyde de cuivre ammoniacal. Enfin le chlorure et l'iodure de zinc ont une action en quelque sorte moyenne sur ces deux substances, en ce sens qu'ils font mieux gonfler la fécule et dissolvent mieux la cellulose.

M. H. Sainte-Claire Deville. De la constitution du sel ammoniac, et des densités de vapeur. (*Comp. rend. Acad. des Sc.*, t. LIX, p. 1057.)

M. Deville avait montré que l'acide chlorhydrique et l'ammoniaque gazeux mis en contact à la température de 360° dégagent de la chaleur et que, par suite, ces gaz se combinent à une température où la densité de vapeur du sel ammoniac assigne à ce corps 8 volumes pour l'équivalent. Pour se mettre à l'abri de toute objection, l'auteur a répété ces expériences en les modifiant de manière à ce que les deux gaz fussent préalablement échauffés chacun séparément, à 360°, avant d'être mis en présence. Les résultats obtenus dans ces conditions ont été encore les

mêmes qu'autrefois, mais ils sont en contradiction avec ceux de M. Than[1]. En discutant l'appareil de ce chimiste, M. Deville n'a pas de peine à y montrer des imperfections qui rendent son emploi sujet à caution.

En terminant, l'auteur soumet aux partisans de l'hypothèse des densités anomales, les deux difficultés suivantes :

1° L'acide sulfhydrique et l'ammoniaque forment entre autres les deux composés

$Az\,H^4\,S$, sulfure d'ammonium, et

$Az\,H^4\,S, H\,S$, sulfhydrate de sulfure d'ammonium.

Le premier représente 4 volumes de vapeur, sa condensation est égale à $^1/_3$: l'acide sulfhydrique et l'ammoniaque se combinent donc et restent combinés à la température par exemple 100° où l'on détermine la densité de vapeur.

Le sulfhydrate de sulfure d'ammonium représente 8 volumes de vapeur, sa condensation est nulle. Si on suppose que ses éléments se soient séparés à la température où l'on prend la densité de vapeur (par exemple 100°) on est obligé de supposer qu'il s'est partagé en ammoniaque et acide sulfhydrique $Az\,H^3$ et $2\,HS$, donnant chacun 4 volumes et ayant pour somme 8 volumes. Or, à cette température, les éléments ne pourraient réellement se séparer qu'en sulfure d'ammonium $Az\,H^4\,S$ et en acide sulfhydrique HS, représentant l'un 4 volumes, l'autre 2 volumes, dont la somme est 6 volumes.

Si le sulfhydrate de sulfure d'ammonium était décomposé dans sa propre vapeur, il devrait donc fournir 6 volumes. Or l'expérience nous apprend qu'il en fournit 8 ; donc il n'est pas décomposé, donc sa vapeur n'a rien d'*anoma*

2° Quand l'acide carbonique, l'acide sulfureux, l'acide acétique, le soufre, le sélénium, le tellure, et tant d'autres corps si connus nous présentent une densité de vapeur variable avec la température, c'est que leurs coefficients de dilatation vont en diminuant quand la température augmente, jusqu'à prendre une

[1] Voyez *Archives*, t. XXII, p. 5. Janvier 1865.

valeur minimum de 0.00366, celle qui convient à l'hydrogène, par exemple : les travaux de MM. Regnault, Cahours, Troost et Deville l'ont prouvé surabondamment.

On s'est appuyé sur cette variabilité des densités pour faire espérer que des densités de vapeur, gênantes au point de vue de certaines théories atomistiques, celles du phosphore et de l'arsenic, par exemple, pourraient diminuer de moitié si on les déterminait à des températures hors de notre portée. Si l'analogie sur laquelle on se fonde est légitime, elle devra s'étendre au phénomène de la variation de leur coefficient de dilatation ; or MM. Troost et Deville ont fait voir qu'entre des températures variant de 1000 degrés la densité de ces vapeurs devenant constante, leur coefficient de dilatation doit être aussi constant comme pour toutes les vapeurs suffisamment chauffées et pour les gaz parfaits. Admettre que, par exception, ce coefficient est, ou peut être différent de 0.00366 pour que le phosphore et l'arsenic cessent de représenter un seul volume de vapeur, c'est faire une hypothèse contraire aux analogies et inadmissible dans l'état actuel de la science. M. D.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Nouveaux documents relatifs a l'antiquité de l'homme [1].

La caverne de Bize et les espèces animales dont les débris y sont associés à ceux de l'homme. Montpellier, 1864. — M. Paul Gervais a présenté le résumé suivant de ce travail, à la séance du 5 décembre 1864, de l'Académie des Sciences de Paris (*Comptes rendus*, t. LIX, p. 945).

« Nos observations se rapportent en grande partie au renne, dont les os, brisés par l'homme, sont enfouis à Bize avec les instruments faits avec les bois de cette espèce de cerf ou avec

[1] Voyez *Archives*, 1864, t. XX, p. 353.

des os, et se trouvent en même temps associés à des silex taillés, ainsi qu'à des coquilles marines ayant servi d'ornements.

«Nous avons en outre reconnu qu'il faut certainement rapporter au renne les espèces de Cervidés, prétendues différentes de celles décrites par les auteurs, que Marcel de Serres a nommées *Cervus Tournalii*, *Cervus Reboulii* et *Cervus Leufroyi*. Le *Cervus Destremii* est aussi en partie dans le même cas, puisque plusieurs des pièces sur lesquelles il repose sont également des fragments de renne brisés de la même manière que ceux sur lesquelles reposent les espèces nominales dont je viens de rappeler les noms.

« On sait maintenant que la caverne de Bize est loin d'être la seule cavité souterraine où l'on rencontre des ossements de renne semblablement mutilés. Il résulte en effet des recherches récentes de MM. Lartet, Christy et Garrigou, ainsi que de celles de plusieurs autres savants distingués, qu'il existe de pareils débris à Bruniquel (Tarn-et-Garonne), à Aurignac (Haute-Garonne), à Lourdes (Hautes-Pyrénées), aux Espalugues (dans le même département), à Espalungue (Basses-Pyrénées), aux Eyzies, etc., près Sarlat (Dordogne), à Savigné (Vienne), et dans d'autres lieux, soit en France, soit dans des pays appartenant également à l'Europe centrale.

«Bien avant ces curieuses découvertes, le renne avait déjà été signalé en Auvergne par Bravard, et cela sur l'observation de bois travaillés par l'homme, et que cet habile paléontologiste avait découverts aux environs d'Issoire. Avec ces bois étaient des silex cultriformes, ainsi que des coquilles marines apportées d'ailleurs. M. Pomel a exposé ces faits dans une notice présentée à la Société géologique, en 1840, mais en avouant qu'il lui était encore impossible d'expliquer la présence de ces coquilles dans de semblables conditions.

«Nous rappelons aussi dans notre mémoire ce que Cuvier a dit à propos de la présence du renne fossile dans la caverne de Brengues (Lot) : « Comment admettre que le renne, aujour-

« d'hui confiné dans les climats glacés du nord, ait vécu en « identité spécifique dans les mêmes climats que le rhinocéros? « Car il ne faut pas douter qu'il n'ait été enseveli avec lui à « Brengues ; ses os y étaient pêle-mêle avec ceux de ce grand « quadrupède, enveloppés dans la même terre rouge, et revêtus « en partie de la même stalactite. »

«L'association du renne avec l'homme n'est ni moins curieuse, ni moins certaine que celle de cette espèce de ruminant avec le rhinocéros ; mais quelle explication peut-on donner de ces faits qui, n'étant plus susceptibles d'être contredits, sembleraient conduire à faire admettre la contemporanéité de l'homme avec le rhinocéros et les autres grandes espèces éteintes que l'on désigne souvent par l'épithète de *diluviennes?* Faut-il y voir, ainsi que l'ont voulu plusieurs naturalistes, la preuve que l'homme a existé en Europe dès les premiers temps de l'époque quaternaire, ou bien doit-on admettre que les rennes ont continué d'habiter nos contrées, alors que les grandes espèces dont il vient d'être question avaient depuis longtemps cessé d'y vivre? Dans cette dernière supposition, serait-on fondé à ajouter que les os fragmentés du renne recueillis à Bize et dans tant d'autres lieux confirment l'opinion de Buffon, que le renne vivait encore dans nos contrées au moyen âge, et que ce sont, comme il le croit, des animaux de cette espèce que Gaston Phœbus chassait dans les Pyrénées, sous le nom de *rangiers*, durant le quatorzième siècle? Mais cent ans avant Phœbus, Albert-le-Grand avait déjà dit du renne qu'il ne vivait plus que dans les régions polaires : « *In* « *partibus aquilonis, versus polum arcticum et etiam in partibus* « *Norwegiæ et Sueviæ.* » De plus, Cuvier a vérifié, sur le manuscrit offert par Phœbus à Philippe de France, duc de Bourgogne, que les rennes dont parle cet infatigable chasseur, il les avait vus en Norwége et en Suède ; il ajoute même qu'il n'y en a pas « en pays romain, » c'est-à-dire dans nos contrées.

«On peut faire remarquer, d'autre part, que les ossements du renne enfouis à Brengues et dans d'autres lieux avec les rhino-

céros n'ont, jusqu'à présent du moins, montré aucune trace évidente de l'action de l'homme.

« Ni l'une ni l'autre de ces deux opinions extrêmes, l'ancienneté des rennes de Bize égale à celle des rennes de Brengues, et la persistance de la même espèce d'animaux dans les régions tempérées de l'Europe jusqu'au XIV[e] siècle, ni l'une ni l'autre de ces deux opinions, disons-nous, ne saurait être acceptée. Le genre de ruminant dont nous parlons a été contemporain des grands carnivores et pachydermes propres aux premiers temps de la période quaternaire ; mais le renne a survécu à ces grands animaux, et ce n'est qu'après la disparition de ces derniers que nous le voyons être utilisé par l'homme. L'époque de cette première action de l'homme sur le renne n'en est pas moins fort éloignée de nous, puisque l'histoire n'en a conservé nul souvenir.

« On est alors conduit à se demander de quelle race étaient ces hommes antérieurs aux Ligures et aux Celtes, dont le renne constituait la principale richesse, et qui ont disparu de nos régions dès une époque si reculée. Je n'ai, pour mon compte, relativement à cette difficile question, aucun document nouveau méritant d'être signalé à l'Académie. M. Brinckmann suppose, il est vrai, que les hommes dont il s'agit étaient des Lapons ou peut-être des Finnois ; mais, je n'ai pas besoin de le faire remarquer, ce n'est qu'à titre purement provisoire qu'il soutient cette opinion.

« Le Mémoire dont je fais hommage à l'Académie, et qui complète des observations que je lui ai déjà présentées dans une précédente communication [1] au sujet de la caverne de Bize, est suivi d'une Note dans laquelle je parle du *Felis servaloïdes*.

« C'est une espèce de lynx sur laquelle Marcel de Serres, Dubreuil et Jeanjean ont donné quelques renseignements dans leur ouvrage sur la caverne de Lunel-Viel, d'après des ossements recueillis dans cette caverne. De Serres la met également au nombre des mammifères fossiles à Bize, mais en la regardant à tort comme le véritable serval. J'en ai trouvé un fragment de maxil-

[1] *Comptes rendus*, t. LVIII, p. 230.

laire inférieur à la Valette, près Montpellier, dans une brèche renfermant aussi des ossements humains et des morceaux de poteries primitives. M. Delmas en a découvert, de son côté, un autre fragment au Colombier, près Castries, et c'est peut-être aussi le même animal que M. Pomel a indiqué à Coudes et à la tour de Boulade, aux environs d'Issoire, sous le nom de *Felis lyncoïdes*.

« Le *Felis servaloïdes* méritait d'être signalé aux paléontologistes qui s'occupent de faire la liste des espèces nombreuses de mammifères disparues de nos contrées depuis les premiers temps de la période quaternaire ; car il est probable qu'on en rencontrera les ossements dans d'autres gisements que ceux dont il vient d'être question. »

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE FÉVRIER 1865.

Le 2, on ne voit plus de neige sur le Petit-Salève ; halo solaire partiel de 10 h. 45 m. à 11 h.

3, de très-forts coups de vent du SSO. pendant toute la nuit du 2 au 3, depuis 1 h. du matin ; il a neigé dans la matinée jusqu'au pied des montagnes, mais cette neige a disparu dans l'après-midi.

5, au matin, faible gelée blanche ; depuis la tombée de la nuit, couronne lunaire et halo lunaire pendant toute la soirée.

6, pendant presque toute la matinée, on voit les deux parhélies à l'Est et à l'Ouest sur le halo ordinaire ; halo solaire partiel de midi 15 m. à 1 h. 30 m.

7, couronne lunaire à plusieurs reprises dans la soirée.

9, il neige pendant un quart-d'heure vers $3^1/_2$ h. ; la neige prend pied dans la plaine et ne disparaît que le lendemain.

17, neige le matin de bonne heure, qui se transforme en pluie ; la neige ne prend pas pied ; de même pour celle tombée le 18.

21, neige le matin et le soir ; hauteur de la couche de neige 30^{mm}.

22, couronne solaire de 8 h. 45 m. à 10 h. 30 m.

27, forte gelée blanche le matin ; halo solaire partiel de 1 h. 30 m. à 2 h. 15 m.

28, faible halo solaire vers 9 h. du matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm
Le 2, à 10 h matin...	716,83
3, à 9 h. $^3/_4$ matin	711,57
7, à 10 h. soir.....	728,75
10, à 8 h. soir.....	730,68
14, à 8 h. matin...	729,37
18, à 10 h. soir.....	729,11
23, à 10 h, soir.....	737,95
27, à 10 h. matin...	732,29

MINIMUM.	mm
Le 1, à 11 h. $^1/_4$ matin	707,44
3, à 8 h. $^1/_4$ matin	710,22
3, à 8 h. $^1/_2$ soir..	709,52
8, à 10 h. $^1/_2$ soir..	721,84
12, à 2 h. soir.....	726,04
17, à 6 h. matin....	715,15
19, à 8 h. $^1/_2$ soir..	719,51
24, à 11 h. $^1/_2$ soir...	722,31

GENEVE. — FÉVRIER 1865.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Ecart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h	Tension de la vap. Ecart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation en millièmes. Ecart avec la fraction norm.	Fract. de saturation en millièmes. Minimum.	Fract. de saturation en millièmes. Maximum.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Ecart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi
	millim.	millim.	o	o	o	o	mm	mm					mm.				o		pouces
1	709,19	—17,94	+ 4,62	+ 4,41	+ 2,6	+ 7,3	5,59	+1,44	890	+ 41	720	1000	19,4	14	SO. 2	1,00	4,9	+ 0,5	34,0
2	715,78	—11,32	+ 5,76	+ 5,49	+ 4,4	+ 8,0	5,07	+0,91	751	— 96	630	850	3,3	6	SO. 2	1,00	5,0	+ 0,6	35,2
3	710,78	—16,28	+ 5,95	+ 5,62	+ 2,0	+ 8,8	5,27	+1,11	763	— 82	610	930	10,9	8	SSO. 2	0,97	5,1	+ 0,6	37,0
4	715,41	—11,61	+ 4,82	+ 4,42	+ 3,6	+ 7,8	5,01	+0,84	796	— 47	660	910	2,1	3	SSO. 2	0,93	5,1	+ 0,6	37,5
5	719,45	— 7,53	+ 3,06	+ 2,59	— 1,0	+ 6,4	4,85	+0,67	846	+ 5	710	1000	.	..	NNE. 1	0,63	...	.....	38,3
6	724,98	— 1,96	+ 3,09	+ 2,55	+ 1,7	+ 5,0	4,09	—0,09	738	—101	610	880	.	..	NNE. 2	0,87	5,0	+ 0,5	39,2
7	727,21	+ 0,31	+ 0,83	+ 0,22	— 1,2	+ 2,9	3,64	—0,55	772	— 65	660	850	...	..	NNE. 1	0,69	4,8	+ 0,3	39,3
8	725,80	— 1,06	+ 1,21	+ 0,53	— 3,8	+ 5,6	4,04	—0,15	811	— 24	600	1000	2,3	3	variable	0,73	4,8	+ 0,3	39,5
9	723,78	— 3,04	— 0,99	— 1,75	— 3,3	+ 2,9	3,29	—0,91	795	— 38	630	890	0,2	1	N. 2	0,89	4,8	+ 0,2	39,5
10	727,29	+ 0,52	— 5,36	— 6,20	— 6,2	— 2,8	2,43	—1,78	817	— 13	680	870	...	.	NNE. 3	0,48	2,7	— 1,9	40,5
11	728,48	+ 1,76	— 8,65	— 9,57	— 9,6	— 5,8	1,82	—2,39	802	— 25	730	880	...	..	NNE. 3	0,72	1,8	— 2,8	41,0
12	726,57	— 0,11	— 9,47	—10,47	—10,6	— 8,0	1,69	—2,53	802	— 23	670	980	...	..	NNE. 2	1,00	...	...	41,2
13	727,17	+ 0,54	— 7,20	— 8,29	—10,2	— 3,8	2,18	—2,04	838	+ 15	700	970	...	..	NNE. 1	0,60	3,5	— 1,1	40,3
14	728,70	+ 2,12	— 5,28	— 6,46	—10,0	— 2,1	2,82	—1,41	907	+ 86	790	950	...	..	variable	0,97	3,7	— 1,0	39,5
15	726,19	— 0,34	— 4,18	— 5,45	— 5,2	— 2,0	2,96	—1,27	907	+ 88	820	930	...	..	NE. 1	0,92	3,8	— 0,9	39,3
16	720,40	— 6,08	— 1,88	— 3,24	— 7,1	+ 4,8	3,41	—0,82	852	+ 35	540	1000	...	..	variable	0,79	4,3	— 0,4	39,2
17	718,76	— 7,67	+ 2,14	+ 0,69	— 1,0	+ 6,4	4,16	—0,08	781	— 33	570	930	7,2	6	variable	0,77	4,1	— 0,7	39,2
18	726,78	+ 0,40	+ 3,50	+ 1,96	— 0,9	+ 6,7	4,32	+0,08	731	— 81	680	850	0,4	4	SSO. 3	0,88	4,2	— 0,6	39,0
19	724,29	— 2,01	+ 6,08	+ 4,44	+ 2,1	+12,0	4,43	+0,18	660	—150	410	920	2,9	4	SSO. 2	0,71	...	....	39,0
20	726,80	+ 0,52	— 0,56	— 2,30	— 3,3	+ 2,6	3,59	—0,66	805	— 2	630	860	1,7	5	variable	0,74	4,6	— 0,3	39,0
21	732,67	+ 6,44	— 2,30	— 4,14	— 4,0	+ 0,7	3,28	—0,98	871	+ 66	680	980	1,4	5	variable	0,97	4,1	— 0,8	39,0
22	732,86	+ 6,68	— 3,04	— 4,98	— 8,3	+ 0,7	3,17	—1,09	856	+ 54	760	1000	...	..	variable	0,77	4,2	— 0,8	39,0
23	736,51	+10,38	— 0,59	— 2,63	— 2,6	+ 1,6	3,41	—0,86	789	— 10	690	890	...	..	NNE. 2	0,68	4,0	— 1,0	39,5
24	731,22	+ 5,15	+ 0,56	— 1,58	— 3,6	+ 4,2	3,52	—0,75	749	— 48	530	940	...	..	variable	0,86	4,2	— 0,8	39,5
25	725,83	— 0,18	+ 3,63	+ 1,38	+ 0,6	+ 7,1	4,25	—0,03	723	— 71	550	840	0,5	2	variable	0,88	4,4	— 0,7	39,5
26	730,12	+ 4,17	+ 2,91	+ 0,55	+ 1,0	+ 5,3	4,53	+0,25	813	+ 22	690	890	...	..	variable	1,00	...	.....	39,7
27	731,60	+ 5,70	+ 3,37	+ 0,90	— 1,9	+ 9,0	4,32	+0,03	747	— 42	490	920	..	..	variable	0,69	4,7	— 0,5	39,8
28	725,53	— 0,32	+ 5,90	+ 3,33	+ 0,3	+ 9,6	4,98	+0,69	720	— 66	560	900	0,4	2	SSO. 1	0,97	4,7	— 0,5	40,0

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1865

	5 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	719,35	719,83	720,07	719,98	719,76	719,95	720,25	720,55	720,68
2e »	725,37	725,70	725,66	725,54	724,96	724,85	725,23	725,43	725,79
3e »	730,69	731,00	731,10	731,02	730,41	730,30	730,44	730,46	730,61
Moi	724,74	725,12	725,22	725,12	724,66	724,66	724,94	725,12	725,34
Température.									
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	+ 1,56	+ 1,38	+ 2,12	+ 3,35	+ 3,85	+ 3,59	+ 2,80	+ 2,30	+ 2,01
2e »	— 4,46	— 3,90	— 2,54	— 1,25	— 0,22	— 0,71	— 1,68	— 2,08	— 2,94
3e »	— 1,26	— 1,16	+ 1,57	+ 3,24	+ 4,32	+ 3,91	+ 2,21	+ 1,71	+ 1,19
Mois	— 1,40	— 1,23	+ 0,30	+ 1,68	+ 2,53	+ 2,15	+ 1,03	+ 0,57	+ 0,01
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	4,27	4,37	4,29	4,44	4,35	4,41	4,33	4,39	4,36
2e »	3,07	3,11	3,23	3,36	3,07	3,16	3,13	3,11	3,24
3e »	3,82	3,74	3,81	4,05	3,92	4,05	4,07	4,07	4,12
Mois	3,71	3,74	3,77	3,94	3,77	3,86	3,83	3,84	3,89
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade,	815	847	788	750	716	735	761	790	807
2e »	896	863	814	769	670	722	738	777	857
3e »	904	876	741	695	634	667	761	781	821
Mois	869	861	784	741	676	711	753	783	829

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	o	o		o	mm	p.
1re décade,	— 0,12	+ 5,19	0,82	4,69	38,2	38,0
2e »	— 5,58	+ 1,08	0,81	3,75	12,2	39,7
3e »	— 2,31	+ 4,77	0,85	4,33	2,3	39,5
Mois	— 2,70	+ 3,60	0,83	4,27	52,7	39,0

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,02 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 47°,2 O. et son intensité est égale à 11 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE FÉVRIER 1865.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 2, à midi..........	552,75	Le 1, à 10 h. matin..	547,10
7, à 10 h. soir.....	560,38	3, à 8 h. soir....	548,58
10, à 10 h. soir	554,65	9, à 10 h. matin..	551,40
14, à 6 h. soir	559,73	11, à 2 h. soir....	551,32
18, à 10 h. soir...	562,14	17, à midi	553,09
23, à 10 h. soir	567,19	20, à 6 h. soir....	554.23
27, à midi.........	564,11	25, à 6 h. matin..	556,81

SAINT-BERNARD. — FÉVRIER 1865.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Ecart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température, C. Moyenne des 24 heures.	Température, C. Ecart avec la température normale.	Température, C. Minimum.[1]	Température, C. Maximum.[1]	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	mm	mm			
1	548,21	−11,97	547,10	549,69	− 8,19	+ 1,25	− 8,9	− 5,0	145	9,7	16	NE. 2	1,00
2	551,79	− 8,37	550,36	552,75	− 9,25	+ 0,18	−10,2	− 7,9	60	5,8	5	NE. 1	0,91
3	548,89	−11,25	548,58	549,35	− 7,12	+ 2,29	− 8,5	− 4,3	190	15,8	13	variable	1,00
4	551,57	− 8,55	549,21	551,06	− 9,07	+ 0,33	−11,3	− 7,2	180	12,5	12	NE. 1	0,91
5	555,38	− 4,72	551,59	556,15	−10,03	− 0,65	−11,7	− 7,4	......	......	......	NE. 1	0,61
6	557,46	− 2,62	556,25	558,51	−11,65	− 2,29	−13,2	−10,0	......	......	......	NE. 2	0,93
7	558,95	− 1,11	557,70	560,38	−11,87	− 2,53	−12,7	− 9,3	......	......	......	NE. 1	0,00
8	558,66	− 1,38	556,89	560,17	− 7,82	+ 1,49	−10,8	− 5,3	......	......	......	NE. 1	0,50
9	552,11	− 7,92	551,40	553,88	−17,52	− 8,24	−20,3	−11,7	......	......	......	NE. 3	1,00
10	553,33	− 6,68	551,59	554,65	−21,41	−12,15	−22,5	−18,8	......	......	......	NE. 3	0,83
11	551,94	− 8,05	551,32	553,01	−25,67	−16,44	−26,8	−22,2	......	......	......	NE. 3	0,49
12	553,73	− 6,25	552,73	555,39	−12,01	− 2,81	−16,0	− 9,1	......	......	......	NE. 1	0,68
13	557,74	− 2,22	555,94	558,96	−11,37	− 2,20	−13,1	− 8,3	......	......	......	SO. 1	0,59
14	559,50	− 0,44	559,10	559,73	− 9,82	− 0,68	−12,2	− 6,7	......	......	......	NE. 1	0,00
15	557,61	− 2,32	557,43	558,05	−10,26	− 1,16	−12,2	− 8,1	......	......	......	NE. 1	0,00
16	556,01	− 3,90	555,69	556,53	− 7,88	+ 1,19	−12,7	− 3,5	......	......	......	SO. 1	0,14
17	554,18	− 5,72	553,09	556,01	−10,98	− 1,95	−13,3	− 6,2	40	4,5	14	NE. 1	0,98
18	558,97	− 0,92	557,11	562,14	−10,73	− 1,71	−12,5	− 8,3	4	0,7	4	NE. 2	1,00
19	559,37	− 0,50	556,63	561,77	− 7,56	+ 1,39	− 9,9	− 4,5	......	......	......	NE. 1	0,40
20	554,84	− 5,02	551,23	555,58	−17,33	− 8,43	−19,2	−14,5	......	......	......	NE. 3	0,97
21	558,20	− 1,64	555,14	560,52	−19,08	−10,22	−20,0	−17,3	......	......	......	NE. 3	1,00
22	560,54	+ 0,71	559,61	562,04	−16,76	− 7,94	−18,7	−13,5	......	......	......	NE. 1	0,67
23	564,84	+ 5,02	563,24	567,19	−12,75	− 3,98	−14,5	− 9,8	......	......	......	NE. 2	0,77
24	563,53	+ 3,72	560,35	566,03	− 4,99	+ 3,73	−10,3	− 0,6	......	......	......	NE. 1	0,63
25	558,84	− 0,96	556,81	561,30	− 9,67	− 1,00	−11,1	− 8,1	30	2,5	5	NE 1	1,00
26	562,16	+ 2,37	561,85	562,44	− 9,08	− 0,47	−12,2	− 6,0	......	......	......	SO. 1	0,00
27	563,68	+ 3,89	562,72	564,11	− 8,01	+ 0,55	− 9,7	− 5,0	......	......	......	NE. 1	0,36
28	560,50	+ 0,72	559,06	561,81	− 2,61	+ 5,90	− 5,7	+ 3,4	......	......	......	NE. 1	0,71

[1] Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermomètrographes étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE FÉVRIER 1865.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	553,26	553,33	553,45	553,61	553,53	553,78	553,97	553,98	554,17
2e »	556,09	556,14	556,26	556,31	556,24	556,40	556,58	556,85	557,00
3e »	560,91	561,25	561,41	561,76	561,41	561,60	561,85	561,93	562,08
Mois	556,46	556,60	556,73	556,90	556,75	556,95	557,15	557,28	557,44

Température

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h.
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade,	—11,19	—11,36	—10,50	— 9,90	— 9,70	—10,72	—11,66	—11,94	—12,41
2e »	—13,73	—13,04	—11,26	—10,00	—10,05	—11,17	—12,97	—12,94	—12,94
3e »	—12,45	—11,27	— 9,09	— 7,41	— 7,94	— 8,76	—10,77	—11,01	—11,46
Mois	—12,46	—11,93	—10,37	— 9,22	— 9,32	—10,32	—11,87	—12,03	—12,33

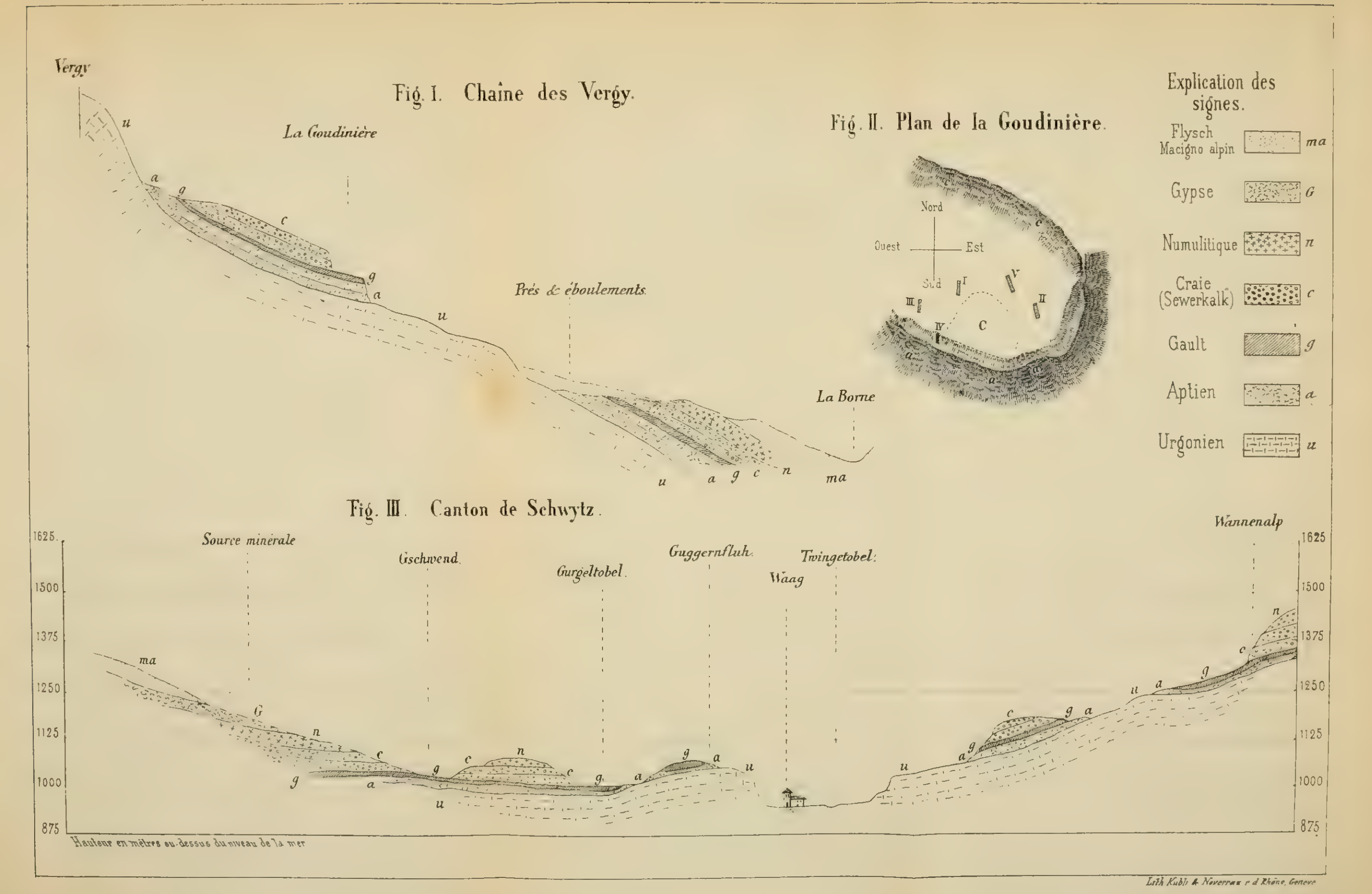
	Min. observé.[1]	Max. observé.[1]	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	o	o		mm	mm
1re décade,	—13,01	— 8,69	0,77	43,8	575
2e »	—14,79	— 9,14	0,52	5,2	44
3e »	—12,79	— 7,11	0,64	2,5	30
Mois	—13,58	— 8,40	0,65	51,5	649

Dans ce mois, l'air a été calme 19 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 10,6 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45°E., et son intensité est égale à 99 sur 100.

[1] Voir la note du tableau.


Fig. I. Chaîne des Vergy.
Vergy
La Goudinière
Prés & éboulements.
La Borne
u
a
g
c
n
ma
Fig. II. Plan de la Goudinière.
Nord
Ouest
Est
Sud
C
Explication des signes.
Flysch Macigno alpin
ma
Gypse
G
Numulitique
n
Craie (Sewerkalk)
c
Gault
g
Aptien
a
Urgonien
u
Fig. III. Canton de Schwytz.
Source minérale
Gschwend.
Gurgeltobel.
Guggernfluh.
Twingetobel.
Waag
Wannenalp
1625
1500
1375
1250
1125
1000
875
Hauteur en mètres au-dessus du niveau de la mer
Lith. Kubli & Neverrau r. d. Rhône, Genève

SUR L'ORIGINE

DES LACS ALPINS ET DES VALLÉES[1]

LETTRE ADRESSÉE A SIR RODERICK I. MURCHISON

PAR

M. ALPHONSE FAVRE,

Prof. à l'Académie de Genève.

Genève, le 12 janvier 1865.

Monsieur,

Je suis heureux que vous ayez bien voulu me demander ce que je pense de la nouvelle théorie, d'après laquelle les lacs alpins auraient été creusés ou affouillés par les glaciers, et de celle qui explique l'origine des vallées alpines au moyen de l'érosion produite par l'action des glaciers[2].

Je suis grand partisan de l'idée du transport par la

[1] Cette lettre a été publiée en anglais dans le *Philosophical Magazine*. Mars 1865.

[2] Un grand nombre d'arguments contre ces théories ont été indiqués dans divers mémoires, tels que ceux de MM. Ball (*Philosophical Magazine*, 1863, t. XXV, 81), Desor (*Revue Suisse*, 1860), Studer (*Archives des Sc. Physiques et Nat.*, 1863, t. XIX, p. 89), etc. Quel que soit mon désir de ne pas reproduire les raisonnements qui ont déjà été employés, il est presque impossible de ne pas y revenir quelquefois.

glace des blocs erratiques à l'époque de l'ancienne extension des glaciers, et comme Suisse je suis attaché à cette théorie qui mérite l'épithète de nationale. Je reconnais, cependant, qu'elle est accompagnée de certaines difficultés, mais je ne puis comprendre les deux autres théories, quoiqu'elles aient en leur faveur d'être soutenues par d'habiles naturalistes. En effet, on compte parmi eux M. Ramsay, géologue fort distingué, à qui une longue pratique dans le *Geological Survey* d'Angleterre a donné une grande habitude de l'observation et une grande sûreté de coup d'œil, M. de Mortillet qui connaît bien les Alpes, M. Tyndall dont les travaux de physique occupent le premier rang dans cette science, etc. Je respecte sincèrement la conviction des savants géologues qui ont développé ces théories et qui l'ont fait, je le reconnais, avec beaucoup de talent; je dirai même avec trop de talent; car, à mon sens, ils ont tiré parti de circonstances qui ne sont pas proportionnées à la grandeur des résultats auxquels ils sont arrivés.

Il est évident que les glaciers actuels usent les roches sur lesquelles ils se meuvent, puisqu'ils les polissent. Mais cette action est si faible, que je ne vois pas comment on en conclut qu'elle a pu creuser des bassins lacustres profonds de plusieurs centaines de pieds au-dessous du niveau moyen des vallées, même en supposant qu'elle s'est prolongée pendant un temps très-long. Je comprends encore moins comment cette action aurait pu creuser des vallées de plusieurs milliers de pieds de profondeur dans un massif rocheux grand comme les Alpes.

Il faut poser une limite à certains effets. Cette limite existe dans toutes les questions de géologie et il est in-

dispensable de l'établir. En voyant sur le bord de la mer une dune de 20 ou 30 mètres d'élévation se former au moyen de grains de sable poussés par le vent, serai-je en droit de conclure que dans quelques centaines de mille ans cette dune pourra atteindre la hauteur des Alpes ou celle de l'Himalaya? Non, évidemment.

Je ne veux point soutenir non plus que les glaciers n'aient eu aucune influence sur la forme des lacs et des vallées. Il me paraît impossible que des masses aussi considérables que celles qui se mouvaient dans les vallées à l'époque glaciaire n'aient pas façonné plus ou moins les bords de ces dépressions. Mais je ne puis me ranger à l'avis que les glaciers sont la cause première de la formation des bassins lacustres et des vallées. Je crois que les uns et les autres sont une conséquence directe de la formation des montagnes, et qu'ils doivent tous deux leur origine aux mouvements du sol.

Laissons maintenant ces raisonnements généraux et arrivons à des faits plus précis relatifs à l'origine du lac de Genève. D'après toutes les théories glaciaires, l'ensemble de tous les glaciers du Valais réunis à Martigny à une partie de ceux du massif du Mont-Blanc, formaient une masse énorme à laquelle on a donné le nom de glacier du Rhône. Il débouchait dans la plaine suisse par la vallée qui s'étend de Martigny à Villeneuve et avait une épaisseur minimum de 2300 à 2600 pieds [1].

Ce grand glacier s'étendait dans la plaine. Il a couvert de moraines, de blocs et de glaise à cailloux

[1] Charpentier, *Essai sur les glaciers*, p. 270 et 271. Je suis porté à croire que le glacier s'élevait au-dessus de cette limite et que, si on ne trouve pas des blocs au-dessus d'elle, cela vient de ce qu'ils ont roulé vers le bas.

striés tout le fond du bassin du Léman. La distribution de ces matériaux a été souvent étudiée. Ils sont répandus sur les deux rives du lac. Mais je ne pense pas que leur examen puisse faire conclure pour ou contre les hypothèses que je veux examiner.

Dans sa marche lente, mais continue, le glacier est venu frapper le Jura. Il est remarquable, comme l'a dit M. de Charpentier, que la hauteur maximum des traces qu'il a laissées, soit à peu près au Chasseron, montagne placée au N.-O. d'Yverdon, juste en face de la vallée du Rhône. Les blocs y atteignent une élévation de 3000 pieds au-dessus du lac de Neuchâtel[1]. De là, la limite supérieure des blocs s'abaisse successivement au nord et au sud, en sorte que nous pouvons donner le nom de *ligne médiane* à cette ligne qui joint l'embouchure du Rhône près Villeneuve au Chasseron. Au nord de la *ligne médiane*, la limite supérieure des blocs rejoint la plaine dans les environs de Soleure. Le glacier s'est terminé là, et a déposé les blocs remarquables du Steinhof à sa dernière limite. Au sud de la *ligne médiane*, le glacier a laissé des traces incontestables dans toute l'extrémité sud de la plaine suisse. Il a franchi la limite de cette plaine en passant le Mont-de-Sion et le défilé du Fort-de-l'Écluse. Ces faits sont connus depuis longtemps. On a lieu d'être surpris, en raisonnant d'après l'hypothèse du creusement du bassin du lac par le glacier, de ce que le lac n'a pas une forme allongée suivant la *ligne médiane*, c'est-à-dire de l'embouchure du Rhône au Chasseron, mais de ce qu'il s'étend suivant une courbe qui n'a aucun rapport avec cette ligne.

[1] Charpentier, *ibid.* Le lac de Neuchâtel est situé à 26 mètres au-dessus de celui de Genève.

Cette courbe du lac suit à peu près le pied des grandes montagnes placées sur la rive méridionale, au moins pour le grand lac. La profondeur du bassin est évidemment liée avec le voisinage des montagnes et l'inclinaison des couches; c'est ainsi que près de Meillerie, là où les montagnes sont élevées et les couches verticales, le lac atteint son maximum de profondeur (265 mètres près de Meillerie et 300 mètres un peu plus à l'ouest) [1].

Cependant il est probable que dans cette localité le fond du lac est de même nature que ses rives, c'est-à-dire calcaire, et qu'il y a même des bancs de calcaire très-dur. Plus à l'ouest, là où le lac est placé dans la mollasse tertiaire, plus tendre que le calcaire, il n'atteint que 30 à 40 mètres de profondeur. Ce fait est d'une haute importance. Il me paraît inexplicable en supposant que le glacier ait creusé le bassin du lac; au contraire il s'explique facilement, en liant cette dépression avec l'inclinaison des couches. Près de Meillerie les couches calcaires sont verticales et très-contournées : alors le lac est profond; plus près de Genève les couches de mollasse descendent des deux rives sous les eaux avec une faible inclinaison : alors le lac est peu profond. Ceci démontre que la profondeur du bassin du lac est liée avec le redressement des couches, comme l'a dit M. Studer, et j'espère prouver plus loin qu'elle est liée au renversement de ces mêmes couches.

Passons maintenant à un autre sujet. Je crois que les faits observés dans les environs de Genève ont contribué à donner naissance à la *théorie de l'affouillement* des lacs, contre laquelle je m'élève. Les observations sur

[1] Carte des principales sondes du lac Léman, par H.-F. de la Bèche, 1827.

lesquelles elle est basée peuvent se résumer de la manière suivante : On trouve en aval du lac de Genève des dépôts considérables formés à leur partie supérieure de terrain glaciaire (glaise à cailloux striés et blocs erratiques) et à leur partie inférieure de l'alluvion ancienne de Necker. Ce dernier terrain est différent de l'alluvion ancienne de la plupart des savants qui ont écrit sur la géologie de la France. Nous avons aussi dans notre pays cette alluvion ancienne, je l'ai désignée dans l'*Explication* de ma carte géologique de Savoie [1] sous le nom d'alluvion des terrasses. Elle renferme l'*Elephas primigenius.* Elle est supérieure au terrain glaciaire et celui-ci est supérieur à l'alluvion ancienne de Necker, dont je veux dire quelques mots : Cette alluvion est composée de cailloux roulés et de sables souvent aglutinés par un ciment calcaire. On n'y voit aucun caillou strié. Les caractères principaux de ce terrain dans nos environs sont donc les suivants : il est antérieur au terrain glaciaire, il est placé en aval du lac de Genève et il renferme des cailloux tels que ceux d'Euphotide qui ne peuvent provenir que du Valais. Ces cailloux, par conséquent, ont franchi la dépression du lac. Mais comment ont-ils pu le faire, puisque leur position semble indiquer que leur transport a été antérieur au développement du glacier? Là était la difficulté. Pour la surmonter, on a supposé que les cailloux de l'alluvion ancienne ont été entassés par des courants antéglaciaires dans les profondeurs du lac, et que lorsque le glacier est arrivé, il a creusé la partie du lac qui avait été comblée, qu'il y a produit un grand affouillement et qu'il a étendu en avant

[1] *Archives*, 1862, t. XV, p. 248.

de lui toute cette énorme masse de cailloux qu'il avait retirée de cette grande dépression. Cette idée généralisée et appliquée à d'autres localités a donné lieu à l'hypothèse qui est connue sous le nom de théorie de l'affouillement. Je pense avoir été impartial dans cette exposition.

A cette théorie, je crois pouvoir faire des objections qui me paraissent très-sérieuses. D'abord, au moment où le glacier s'est mis en devoir de retirer des profondeurs du lac de Genève toute l'énorme masse de cailloux qui maintenant est déposée en aval, comment l'a-t-fait?

Le glacier cheminait-il sur la roche solide sans laisser entre elle et lui aucun amas de ces cailloux? Mais s'il n'en laissait pas, il devait alors pousser devant lui une masse énorme de ces débris, une masse telle qu'on a de la peine à se la représenter, et cette manière d'agir aurait été d'autant plus singulière, que rien dans les causes actuelles n'autorise à faire cette supposition; car, on ne voit nulle part de glacier poussant devant lui une accumulation de cailloux roulés. — Si, au contraire, le glacier recouvrait ces cailloux roulés, l'affouillement paraît bien difficile parce que la glace se modelant sur le fond qui la supporte fait peu cheminer les cailloux de la couche de boue qui se trouvent en dessous d'elle.

D'ailleurs, dans l'une et l'autre de ces suppositions, je ne puis comprendre comment le dépôt de l'alluvion ancienne aurait pu se faire en aval de Genève, sans qu'il y eût aucun mélange de glaise ou de boue glaciaire avec ces cailloux roulés. Or, un des caractères de cette alluvion consiste en ce qu'elle ne renferme jamais de boue glaciaire.

Mais voici une autre objection qui me paraît attaquer

plus directement encore la théorie de l'affouillement. Les partisans de cette théorie donnent au glacier qui a envahi anciennement notre lac une force assez grande pour lui faire retirer, de la profondeur de 300 mètres (près de Meillerie), tous les cailloux de l'alluvion ancienne. En se rapprochant de Genève, le lac est moins profond et le glacier avait encore à cet endroit la puissance nécessaire pour nettoyer le fond du lac de tous ces cailloux. Cette action aurait dû, ce me semble, se prolonger au delà, car nous savons que ce glacier s'est étendu à bien des lieues plus loin et qu'il a franchi le Mont-de-Sion et le passage du Fort-de-l'Écluse. Mais à environ un kilomètre en aval de Genève (au bois de la Bâtie), on voit, comme je l'ai dit, l'alluvion ancienne recouverte par le terrain glaciaire sur une très-grande étendue. A cet endroit on est forcé de conclure que le glacier n'a pas eu la force d'enlever cette alluvion ancienne et qu'il s'est étendu sur elle. Ne voit-on pas qu'on a imaginé que le glacier avait une puissance immense en amont de Genève et qu'on a la preuve évidente qu'il ne possédait pas cette force en aval de cette ville? Je crois donc que la vérité se trouve dans le fait qu'un glacier peut cheminer sur une étendue de cailloux roulés sans y produire d'affouillement. Par conséquent, les glaciers anciens n'ont pas eu la force d'enlever près de Genève l'alluvion ancienne sur laquelle ils ont laissé leurs traces, et à plus forte raison ils n'ont pas eu la force de retirer des cailloux roulés du fond du lac.

Ces cailloux qui forment l'alluvion ancienne en aval de Genève et qui sont placés en dessous du terrain glaciaire, me paraissent avoir été charriés et roulés par les torrents qui débouchaient du glacier du Rhône et du

glacier de l'Arve, lorsque ceux-ci s'avançaient jusque dans les environs de notre ville. Des faits de ce genre se voient en aval des glaciers actuels lorsqu'ils arrivent dans une plaine. Il y a presque toujours une certaine étendue de terrain occupée par des cailloux roulés qui sont formés, arrangés et nivelés par le torrent. Les cailloux qui font partie de l'alluvion ancienne et qui évidemment viennent du Valais ont traversé la dépression du lac lorsqu'elle était occupée par la glace. Ils ont fait ce voyage à l'état de gravier ou de blocs erratiques et ils n'ont été roulés que lorsqu'ils sont arrivés dans le torrent au pied du glacier. Plus tard, lorsque ce dépôt a été formé et nivelé, le glacier s'avançant a passé sur lui et, en se retirant, il a laissé à sa surface la boue glaciaire, les cailloux striés et les blocs erratiques que nous y voyons encore aujourd'hui.

J'ai cherché à démontrer qu'on ne pouvait admettre la théorie de l'affouillement pour expliquer la disposition du terrain glaciaire, et je me suis appuyé sur la faiblesse de la puissance excavatrice du glacier, prouvée par la présence du terrain glaciaire reposant sur un terrain meuble formé de cailloux roulés ; à plus forte raison je ne puis croire qu'un glacier ait jamais creusé le bassin d'un lac ou une vallée.

Si ces dépressions avaient été formées par les glaciers, on ne comprendrait pas pourquoi il n'y a pas de lac dans la vallée de l'Arve, dans la vallée de Chamounix ou dans le val d'Aoste. Les glaciers ont cependant séjourné plus longtemps dans les parties supérieures de ces vallées que dans la vallée du lac de Genève, avant, pendant et après l'époque glaciaire.

Les vallées de la Savoie et du Valais sont liées à la

structure des montagnes. Elles présentent une régularité remarquable, elles sont presque toutes perpendiculaires ou parallèles à la direction générale des Alpes. Parmi les premières on remarque la vallée du Rhône de Martigny au lac; celle de la Dranse qui a son embouchure près de Thonon; celle de l'Arve de Sallanches à Genève, la vallée du lac d'Annecy, celle de l'Isère, de Moutiers à Albertville et de Tigne à Bourg-Saint-Maurice, la vallée du Chapiu, celle de Courmayeur, etc. Parmi celles qui sont parallèles à la chaîne des Alpes, on compte la vallée du Rhône en amont de Martigny, les vallées de Chamounix, de l'Allée Blanche et d'Entrèves, le val d'Illiers, la vallée de Mégève et celle de l'Isère en aval d'Albertville etentre le Bourg-St-Maurice et Moutiers. Ne peut-on pas ranger dans cette dernière sorte de dépressions la partie du lac de Genève, placée entre cette ville et Rolle, qui est parallèle au grand axe anticlinal de la mollasse? Cet axe s'étend du Salève à Lausanne en passant par Boisy et se prolonge jusqu'en Bavière [1]. Cette partie du lac se trouve dans une *auge* formée par les couches de mollasse.

Quant à la portion orientale du lac qui est dirigée de l'ouest à l'est un peu sud-est, et qu'on regarde avec raison comme étant en partie placée dans une cluse, elle est liée à la forme courbée des montagnes qui se trouvent sur sa rive méridionale [2]. Pour le prouver, il fau-

[1] *Bullet. Soc. Géol. de France*, 1862, t. XIX, p. 928, et *Archives*, 1862, t. XIV, p. 217.

[2] Ce n'est pas seulement sur la rive méridionale du lac de Genève que les chaînes de montagnes présentent une forme circulaire ou semi-circulaire. Cette courbure est plus développée encore dans les montagnes de la rive gauche de l'Arve que dans

drait entrer dans des détails minutieux sur la direction des diverses parties des chaînes qui seraient mal placés ici ; mais je puis citer une ancienne autorité que personne ne récusera, et cette citation montrera que le lac présente à peu près la forme des montagnes. «*La direction commune de ces chaînes et de ces vallées,* nous dit de Saussure[1], en parlant de la région placée sur la rive droite de l'Arve (entre l'Arve et le Rhône), *est à peu près celle de la chaîne totale, qui dans notre pays court du N.-E. au S.-O. Mais cette direction générale varie en quelques endroits et souffre des inflexions locales. On voit, du haut du Môle, les chaînes de montagnes, qui dans son voisinage courent à peu près au N.-E., suivre de loin* LA COURBURE DU LAC, *et vers la frontière du Valais se diriger à l'est; comme* LE FAIT LE LAC LUI-MÊME *entre Rolle et Villeneuve.*» Cette forme peut se reconnaître sur ma carte géologique de la Savoie.

Ces grands traits si caractéristiques de la région des Alpes qui nous avoisine établissent une solidarité évidente entre la forme, la position du bassin du lac, l'orographie du sol et la cause qui a élevé le massif des Alpes au-dessus du niveau moyen des continents.

La position de la plupart des lacs alpins nous révèle encore la liaison qui existe entre les montagnes et les bassins lacustres ; presque tous se trouvent à la lisière des Alpes, c'est-à-dire à la jonction des couches de mollasse et des chaînes calcaires. Ils pénètrent même souvent dans l'intérieur des chaînes, en admettant que les

celles de la rive droite. Voyez sur ce sujet une note que j'ai publiée dans le Report of the bristish association for the advancement of sciences of Oxford, 1860. Notices et abstracts, p. 78.

[1] *Voyages*, §. 280.

marais qui sont presque toujours à leur partie supérieure font partie du lac. Tels sont les lacs de Genève, de Thoune, de Lucerne, ceux de Zurich et de Wallenstadt qui ne forment qu'une seule espèce de lac au point de vue orographique et le lac de Constance. Dans les Alpes bavaroises et autrichiennes on trouve encore les lacs de Walchen, de Kochel, de Tegern, de Schlier, de Mond, d'Atter, de Traun, etc., à la lisière des Alpes.

Cette position si remarquable est-elle le résultat du hasard ou n'est-il pas probable que, dans la loi de structure des Alpes, il y a eu une circonstance qui a formé les bassins lacustres à peu près à la limite de cette grande chaîne et de la plaine ?

Cette circonstance avait été indiquée par de Saussure lorsqu'en décrivant les montagnes placées sur la rive droite de la vallée de l'Arve, il remarquait que les plus intérieures *tournent le dos à la partie extérieure des Alpes* [1]; mais que les chaînes extérieures tournent le dos à la chaîne centrale, c'est-à-dire que leurs couches sont redressées contre le lac de Genève.

Depuis de Saussure le sujet a été éclairci et les travaux que vous avez publiés sur les Alpes, ont largement contribué à jeter du jour sur cette question [2]. Il est maintenant reconnu que sur la plus grande partie de la distance énorme qui sépare les environs de Genève des Alpes orientales en Autriche, il y a eu, à la limite des Alpes et de la plaine, un renversement de couches tel que fort souvent les couches anciennes reposent sur les couches modernes. On comprend qu'un

[1] *Voyages*, § 282.

[2] Quaterly of Geologic Society, 1848, t. V, p. 182, 195, 197 et 200.

mouvement produit dans les couches, et qui est assez fort pour que celles qui sont à la surface du sol arrivent à être renversées, produise un affaissement dans celles qui sont au-dessous de cette surface, par un système de bascule. En particulier, pour le lac de Genève, ce renversement a été bien constaté sur ses deux rives, sur celle du nord aux Pleyaux près Vevey, et sur la rive méridionale aux Voirons à l'est de Genève. Ces deux montagnes sont toutes deux placées à la lisière de la chaîne des Alpes.

Pour bien saisir la liaison qui existe entre le renversement des couches sur cette ligne et les grandes profondeurs du lac, il faut indiquer, sur la carte des sondes du lac par de la Bèche, la position de la crête des Voirons, celle des Allinges au sud de Thonon et celle des Pleyaux près Vevey[1]. On peut aussi, et c'est peut-être plus facile, indiquer sur la carte géologique de Savoie que j'ai publiée, les principales sondes du lac devant Meillerie et Évian. Ensuite, il faut joindre par une ligne (mais non par une ligne droite, parce que les chaînes du bord du lac sont courbées), les Voirons et les Pleyaux, en faisant passer cette ligne par le Calvaire (Voirons) formé de macigno alpin, par les Allinges, par le point où affleure le macigno alpin (M) dans le lit de la Dranse à quatre kilomètres de Thonon et par la ville d'Évian. Cette ligne telle que je la trace vient aboutir aux Pleyaux, en

[1] Cette montagne nommée, Pleyaux ou Playaux, est indiquée, sur la carte fédérale, sous le nom de Pléïades. Pour en faciliter l'indication sur ma carte géologique de Savoie, où elle n'est pas marquée, je dirai qu'elle est placée à six kilomètres de l'embouchure de la rivière qui se jette entre Vevey et Corsier, et à cinq kilomètres et demi de la pointe de Montreux.

passant sur la rive nord du lac entre Corsier et St-Saphorin. Elle indique à bien peu de chose près la ligne du renversement des couches placé à la lisière des Alpes. Elle offre un certain parallélisme avec les affleurements des différents terrains tracés sur ma carte géologique de Savoie, et elle passe au milieu des sondes de la plus grande profondeur du lac. Par conséquent, cette profondeur est liée au renversement des couches. C'est là, j'en suis persuadé, que se trouve la vraie cause de l'origine des bassins lacustres[1].

De l'ensemble de ces faits on peut conclure :

1° Que le lac de Genève n'est pas tracé suivant la ligne médiane ou centrale des glaciers réunis qui s'étendaient du Rhône au Jura ;

2° Que ces anciens glaciers n'ayant pas eu la force d'enlever l'alluvion ancienne en aval de Genève, n'ont pu produire dans les bassins lacustres ce qu'on nomme

[1] *P. S.* Il est possible que la ligne de fracture qui a donné naissance à la vallée du Rhône en aval de Martigny, en s'infléchissant vers l'ouest, coupe la ligne du renversement des couches de la lisière des Alpes dans l'espace occupé par le lac de Genève et qu'une partie de ce bassin soit placé au point où se croisent ces deux lignes de dépression ; mais cela ne résulte pas clairement de l'inspection de la carte, l'extrémité orientale du lac n'étant pas le prolongement direct de la ligne du Valais. Je crois cependant qu'un grand nombre de lacs alpins se trouvent au point où la dépression des vallées croise la dépression du renversement des couches de la chaîne extérieure des Alpes. Si les lacs alpins pénètrent dans l'intérieur de la chaîne, comme le font quelques-uns d'entre eux, cette situation n'est-elle pas due à ce que la dépression des vallées coupe les plis, les auges et les redressements des couches, formant une ou deux chaînes placées un peu plus à l'intérieur des Alpes que celle qui est à la limite de la plaine? L'examen de la forme du lac de Lucerne vient tout à fait à l'appui de cette manière de voir. — 22 mars 1865.

l'affouillement. S'ils n'ont pu creuser ces bassins, ils ont encore moins creusé les vallées qui y aboutissent.

3° Les vallées et les bassins des pays de montagnes sont liés avec la cause qui a donné aux chaînes leur caractère orographique et aux couches leurs positions plus ou moins inclinée.

4° Nous avons vu que pour les lacs alpins en général, et pour celui de Genève en particulier, leur situation était déterminée par une ligne de redressement ou de renversement des couches. Nous avons vu encore que la forme du lac de Genève lui était donnée, dans sa partie orientale, par la courbure des montagnes de sa rive méridionale, et dans sa partie occidentale par son parallélisme avec le grand axe anticlinal qui traverse la Suisse.

5° Enfin nous avons remarqué que sa plus grande profondeur est située sur la ligne du renversement des couches qui existe à la jonction des Alpes et de la plaine.

Par conséquent les bassins semblables à celui du lac de Genève ne sont pas le résultat d'une cause externe au globe, mais ils sont un effet de la *volcanicité*, ce mot étant pris dans le sens qui lui a été attribué par Humboldt, savoir : l'influence qu'exerce l'intérieur d'une planète sur son enveloppe extérieure dans les différents stades de son refroidissement.

Veuillez agréer, Monsieur, etc.

A. FAVRE.

P.-S. Depuis que je vous ai envoyé ma précédente lettre, j'ai lu avec un extrême intérêt votre adresse à la

Société géographique de Londres, du 23 mai 1864, que vous avez bien voulu me faire parvenir. Je trouve dans ce travail un résumé clair et précis de l'état de la question, ainsi que des documents fort utiles recueillis dans toutes les parties du monde. J'y vois avec plaisir que nous portons le même jugement sur la théorie de l'affouillement des lacs et sur celle du creusement des vallées par les glaciers. Vous vous servez, Monsieur, de plusieurs arguments d'une haute importance contre cette manière de voir et vous avez déjà développé l'idée dont j'ai parlé, savoir : que la forme du lac de Genève est sans liaison avec la direction suivie par la partie la plus puissante du glacier du Rhône, qui cheminait du Valais dans la direction d'Yverdon, suivant ce que j'ai appelé la ligne médiane.

Veuillez, Monsieur, être assez obligeant pour insérer cette remarque à la suite de ma lettre du 12 janvier.

Genève, le 22 janvier 1865.

A. F.

NOTICE

sur les

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES
ACTUELLES EN SUISSE,

PAR

M. ALFRED GAUTIER.

Prof. *A. Mousson*. Bericht über die Organisation meteorologischer Beobachtungen in der Schweiz. (Brochure in-8 de 120 pages et 1 carte.) — Prof. *E. Plantamour*. Recherches sur la distribution de la température à la surface de la Suisse, pendant l'hiver de 1863 à 1864. (Brochure in-8 de 46 pages et 1 tableau.)

Les deux brochures, l'une en allemand, l'autre en français, dont je viens de rapporter le titre, ont été lues par leurs auteurs lors de la réunion de la Société helvétique des sciences naturelles qui a eu lieu à Zurich vers la fin d'août 1864, et elles ont paru dernièrement dans les Actes de cette session de la Société. Je me propose de donner ici une analyse de ces deux publications, dont l'une expose le plan général d'organisation du système d'observations météorologiques récemment établi en Suisse, et dont l'autre offre déjà un exemple partiel des intéressants résultats auxquels ce plan peut donner lieu.

RAPPORT DE M. LE PROFESSEUR MOUSSON.

M. Mousson, après avoir rappelé, au commencement de son Rapport, que la Société helvétique des sciences

naturelles avait déjà établi, en 1823, un premier système d'observations météorologiques, qui a été poursuivi pendant quelques années dans douze des principales villes de la Suisse, expose que M. l'ex-conseiller fédéral Pioda, dans la réunion de la Société à Lugano, en 1860, encouragea puissamment l'organisation d'un système plus complet d'observations de ce genre, réparti sur toute la Suisse; et que la Société chargea alors une commission, composée de MM. les prof. Wild de Berne, Kopp de Neuchâtel et Mousson de Zurich, de s'occuper d'un plan d'exécution de ce projet.

Cette commission présenta à la Société, le 20 août 1861, dans sa session suivante tenue à Lausanne, un premier rapport, rédigé par M. Mousson, et contenant une série de propositions, qui furent adoptées par la Société, et dont je vais rapporter ici les principales:

Première proposition. — « Le but de l'entreprise consiste à déterminer l'influence d'un pays montagneux, tel que la Suisse, sur les phénomènes généraux de l'Europe. A cet effet, on établira, suivant des lignes longitudinales et transversales aux chaînes de montagnes, des séries de stations, où seront observés, au moyen d'instruments comparés et suivant les mêmes règles, les mêmes éléments météorologiques. La durée des observations est fixée à trois ans, au bout desquels l'entreprise sera ou terminée ou soumise à une révision. Les éléments météorologiques qu'on observera seront la pression de l'air, sa température, son humidité, la direction et l'intensité approximative du vent, la quantité de pluie et de neige, l'aspect du ciel, les phénomènes extraordinaires et les époques principales de la végétation.

« En conséquence, chaque station sera dotée d'un ba-

romètre, d'un psychromètre, dont le thermomètre sec servira également à mesurer la température de l'air, d'un pluviomètre et d'une girouette. Ces instruments devront remplir certaines conditions d'exactitude ; ils seront comparés avant et après leur emploi ; ils seront mis en place par un expert et observés d'après des instructions détaillées communes.

« Les stations qui ne sont pas pourvues de bons instruments en seront dotées par l'entremise de la Société. Un observateur qui, pendant les trois ans, aura consciencieusement rempli ses engagements, entrera après ce temps en possession des instruments qui lui avaient été confiés. Les indications des instruments seront inscrites trois fois par jour, à 7 heures du matin, à 1 heure après midi et à 9 heures du soir. Sur deux stations, Berne et le St-Gothard, seront établis des instruments à indications propres, et ces stations serviront de points d'appui à tout le système. Les tableaux mensuels seront, autant que possible, dressés de suite et publiés plus ou moins complétement. »

Deuxième proposition. — « La Société demandera au Département de l'intérieur du Conseil fédéral suisse d'appuyer le projet actuel, en allouant une subvention pour l'organisation des observations, et en invitant les gouvernements cantonaux à se charger de la dotation des stations situées sur leur territoire. »

Troisième proposition. — « La Société nommera une commission plus nombreuse, qui sera chargée de l'exécution de toute l'entreprise. »

Cette nouvelle commission, qui a été élue à cette même époque, se compose des trois membres de la première, auxquels ont été adjoints MM. les professeurs Plantamour

de Genève, Charles Dufour de Morges, Rodolphe Wolf de Zurich, Fr. Mann de Frauenfeld et Ferri de Lugano. M. Mousson a été élu président de la commission, et M. l'ingénieur Albertini, de Samaden en Engadine, a été appelé plus tard à en faire partie, pour l'inspection des stations situées dans les hautes régions de l'est et du sud du canton des Grisons.

Les Conseils de la Suisse, auxquels tout le projet a été soumis, l'ont approuvé, par une décision en date du 4 février 1862, et ont accordé la subvention demandée. La commission ayant aussi trouvé un accueil favorable, soit auprès des gouvernements cantonaux pour venir à l'aide de l'entreprise, soit auprès d'un grand nombre de personnes d'états divers, qui ont consenti à se charger, pendant trois ans, des observations dans les localités qu'elles habitent, a pu, tant d'après le personnel à sa disposition, que d'après l'intérêt scientifique que présentaient ces localités, établir son réseau sur toute la Suisse. Ce réseau se compose de 88 stations d'observations météorologiques, réparties dans les 22 cantons comme suit :

19 stations dans le canton des Grisons,
10 » » de Berne,
8 » » du Valais,
7 » » de Vaud,
6 » » du Tessin,
5 » » d'Argovie,
4 » » de St-Gall,
3 stations dans chacun des cantons de Zurich, Soleure, Schwytz et Neuchâtel,
2 stations dans ceux de Fribourg, Schaffhouse, Thurgovie, Underwald, Glaris et Uri,
et 1 dans chacun des cinq autres cantons, dont Bâle et Genève font partie.

La grande et belle carte topographique que possède maintenant la Suisse, grâce aux travaux persévérants de ses ingénieurs et d'habiles graveurs, sous l'excellente direction du général Dufour, permettait de connaître à l'avance exactement la hauteur de chaque station au-dessus du niveau de la mer, ou ce qu'on nomme l'*altitude* de la station, ainsi que sa longitude et sa latitude géographiques.

Entre ces stations, il s'en trouve :

12	où l'altitude est	comprise entre	200 et 400	mètres,
26	»	»	400 et 600	»
18	»	»	600 et 1000	»
17	»	»	1000 et 1600	»
9	»	»	1600 et 2000	»
3	»	»	2000 et 2200	»
2	»	»	2200 et 2600	»

Les plus basses de ces stations sont celles de Locarno (altitude 218 m.), Bellinzone, Lugano et Bâle ; les plus élevées sont celles du Simplon, du Bernardin, du St-Gotthard, du Julier et du St-Bernard, cette dernière étant la plus haute de toutes (altitude 2478 m.).

Ces grandes différences de niveau du réseau météorologique suisse constituent un de ses traits caractéristiques les plus intéressants sous le rapport scientifique.

Les stations de ce réseau peuvent aussi être réparties en dix sections, suivant leur position relativement aux montagnes.

La première, située à l'ouest du Jura, comprend Bâle et Porrentruy.

La deuxième, celle des hautes vallées du Jura, va du Sentier (vallée de Joux), à Ste-Croix, à la Chaux-de-Fonds, à St-Imier et à Zurzach.

La troisième, celle des cimes du Jura, comprend le Marchairuz, Chaumont, le Weissenstein, Bœtzberg et Lohn.

La quatrième section comprend les stations au pied et à l'est du Jura, de Dizy (canton de Vaud), Neuchâtel, Soleure, Olten, Arau, Kœnigsfeld et Schaffhouse.

La cinquième est la principale ligne de la basse Suisse, allant de Genève à Morges, Fribourg, Berne, Affoltern, Muri, Zurich, Winterthur, Frauenfeld et Kreuzlingen, près du lac de Constance.

Les cinq autres sections, dont il serait trop long d'énumérer ici toutes les stations, comprennent :

La ligne du pied nord des Alpes, avec 5 stations ;

Les diverses vallées du nord des Alpes, avec 16 stations ;

Les grandes vallées du Rhône, du Rhin et de l'Engadine, avec 15 stations ;

Les hautes cimes alpines de la Suisse, avec 9 stations ;

Enfin le pied sud des Alpes, avec 4 stations.

Le rapport de M. Mousson est accompagné d'une petite carte de la Suisse, où toutes ces stations se trouvent marquées.

Un des buts de l'entreprise est la détermination comparative des circonstances météorologiques au nord et au sud des Alpes, en confirmation de ce que l'on sait déjà au sujet de la puissante influence de cette chaîne sur le climat des régions avoisinantes. Il se trouve dans le réseau une ligne qui la traverse par le St-Gothard, entre Altorf et Bellinzone, et une autre moins directe dans les Grisons, entre Coire et Brusio, en passant par le mont Julier. Nous verrons plus bas comment M. Plantamour a déjà étudié ce sujet au point de vue des températures.

M. Mousson indique encore un sujet spécial de recherches auquel pourra servir le réseau suisse d'observations : c'est celui qui se rapporte au vent du midi appelé *fœhn*, qui est parfois très-violent dans la Suisse allemande. Il y a des météorologistes qui le font venir de l'océan Atlantique et des Antilles, tandis que d'autres le croient originaire des déserts d'Afrique. Les observations hygrométriques seront surtout utiles pour décider la question, car si ce vent est chaud et humide, il est probable qu'il vient de l'océan, tandis que s'il est sec on peut présumer qu'il vient d'Afrique.

Les personnes qui se sont volontairement chargées de faire ou de faire faire les observations, pendant trois ans, dans la station qu'elles habitent, ont des vocations très-diverses. Quatre seulement sont attachées à des observatoires astronomiques : ce sont MM. Wolf à Zurich, Plantamour à Genève, Hirsch à Neuchâtel et Wild à Berne; douze sont des ecclésiastiques protestants, neuf des curés ou des chanoines catholiques. On trouve ensuite parmi les observateurs 14 maîtres d'écoles cantonales, 11 régents, 6 médecins, 5 pharmaciens, 3 horlogers, 3 télégraphistes, 9 maîtres d'hôtel, etc.

Les membres de la commission se sont répartis entre eux la direction et l'inspection des travaux dans les diverses stations de leur voisinage. Ainsi M. Plantamour s'est chargé des 9 stations des cantons de Genève et du Valais; M. Dufour de celles de Vaud et de Fribourg, qui sont aussi au nombre de 9 ; M. Mousson de 12 stations situées dans plusieurs cantons, M. Wolf de 10 stations, et ainsi de suite.

Les années 1862 et 1863 ont été consacrées par la commission à la construction et à l'établissement des ins-

truments, ainsi qu'à l'inspection des stations, à la rédaction et à la publication d'instructions appropriées au but de l'entreprise. Chaque station nouvelle possède: 1° un baromètre à cuvette construit par MM. Hermann et Studer, mécaniciens à Berne, dont le tube a 9 millimètres de diamètre et la cuvette 120 millimètres. Sa division sur laiton va de 540 à 760 millimètres; elle est munie d'un vernier donnant le 10e de millimètre, et une pointe d'acier placée dans la cuvette sert à régler à chaque observation le point de départ de la division; un thermomètre à échelle centigrade, faisant corps avec le tube de verre, y est joint. 2° Un psychromètre, composé de deux thermomètres, construits par Geissler à Bonn, et munis d'une division sur verre opaque en cinquièmes de degré centigrade, donnant à chaque degré une longueur de 3 $^{1}/_{2}$ millimètres. Le vase d'eau du thermomètre à boule humide est placé de côté, et l'humidité se communique à la boule par un fil de coton ou une mèche d'aspiration capillaire.

Les autres instruments sont une girouette, ou anémomètre de construction simple, servant à la fois pour déterminer la direction et la force approximative du vent, et un *ombromètre* pour mesurer la pluie. On y a joint aussi, pour les stations où on a de la peine à avoir l'heure exacte, une espèce de cadran solaire, qui permet de la déterminer à une minute près quand le soleil luit. Les observateurs doivent noter aussi par des numéros le degré de sérénité du ciel.

Comme il se trouvait déjà un certain nombre de stations pourvues de bons instruments, il n'y a eu que 70 baromètres, 58 psychromètres, 63 girouettes, 71 ombromètres et 19 cadrans solaires à confectionner. On a substitué, dans 19 stations élevées, un thermomètre ordinaire

aux deux du psychromètre, qui auraient été d'un emploi difficile dans ces localités. Il me paraîtrait utile, dans de tels cas, de recourir pour apprécier l'humidité de l'air, à l'hygromètre à cheveu de De Saussure, dont M. Quetelet a encore récemment reconnu la valeur.

D'après M. Mousson, tous les instruments répondent bien, par leur exécution, au degré de précision désiré; MM. Hermann et Studer ont mis beaucoup de zèle dans la construction et l'établissement de ceux qui leur ont été confiés. Les membres de la commission ont fait des tournées d'inspection, chacun dans le cercle de stations de son ressort, pour s'assurer de l'installation convenable des instruments. M. Plantamour a rédigé pour eux une instruction à l'occasion de leur première tournée. M. Wild a publié, en 1863, des instructions plus étendues pour les observateurs. Les heures d'observation de 7 h. du matin, 1 h. et 9 h. du soir ont dû être choisies, non-seulement en vue du but scientifique à remplir, mais aussi pour la commodité des observateurs, qui se trouvent, en général, chez eux et libres d'autres occupations en ces moments-là. M. Plantamour a constaté, d'après les observations de Genève, que la moyenne des observations, en ces trois instants, ne s'écartait guère plus de la vraie moyenne diurne que celle des heures de même chiffre du matin et du soir.

On sait que, depuis bien des années, il se fait à l'observatoire de Genève et à l'hospice du Grand St-Bernard des observations météorologiques diurnes de deux en deux heures, au nombre de neuf, de 6 h. du matin à 10 h. du soir. M. Plantamour a obtenu des Pères de l'hospice du Simplon, desservi par des religieux du même ordre, le même système d'observations. Leur zèle mérite

la reconnaissance des amis de la science, comme leur charitable dévouement celle de tous les amis de l'humanité. La station de Berne présente un avantage spécial. Son observatoire, dirigé par M. Wild, possède une série d'instruments météorologiques, munis d'appareils servant à enregistrer par eux-mêmes leurs indications, et il est question d'établir à l'hospice du St-Gothard une collection d'instruments du même genre.

Les observations régulières ont commencé dans le plus grand nombre des stations avec le mois de décembre 1863, premier mois de cet hiver-là. Les tableaux mensuels manuscrits des observations sont envoyés au bureau central de la commission météorologique, établi à l'observatoire de Zurich, sous la direction de M. le prof. Wolf. Ce bureau se charge de leur publication, qui a lieu à Zurich mois par mois, par cahiers in-4° de 6 à 7 feuilles d'impression. Vu les difficultés de tout genre qu'on éprouve au commencement d'une entreprise de cette espèce, le premier cahier, comprenant les observations de décembre 1863, n'a paru qu'en mai 1864. Les tableaux relatifs aux trois stations indiquées plus haut, où les observations se font de deux en deux heures, y donnent les moyennes horaires observées ou interpolées. Les observations de Berne présentent aussi plus de détails que les autres. Il y a, en revanche, un certain nombre de stations où les tableaux imprimés ne donnent qu'une seule observation par jour pour le baromètre, l'humidité et le vent. A la fin de chaque cahier se trouve un relevé général des moyennes mensuelles pour toutes les stations, classées par cantons, avec les *maxima* et *minima* mensuels et les amplitudes diurnes moyennes. Le dernier cahier qui ait paru est celui des observations d'août

1864 ; mais il paraît que les observations de 1865 commenceront à être publiées en même temps que celles des derniers mois de 1864.

La dernière section du Rapport de M. Mousson à la Société helvétique des sciences naturelles, en août 1864, est relative à la partie financière des opérations de la commission météorologique.

Cette commission avait reçu, à la fin de 1863, environ 26,000 fr., dont 16,000 de la caisse fédérale, pour 1863 et 1864, 8000 des gouvernements cantonaux et 2000 de souscriptions diverses.

Ses dépenses se sont élevées, pendant ces deux années, à peu près à la même somme. Le coût des instruments a été d'un peu plus de 15,000 fr., ce qui correspond à environ 210 fr. par station, à raison de 72 à fournir d'instruments neufs. Les dépenses du transport et de l'établissement des dits instruments se sont élevées à 6200 francs ; celles d'impression d'instructions et de tableaux, de frais de port, etc. à environ 4600 fr.

La commission évalue ses dépenses, pour 1865, à 11,600 fr., dont 3000 fr. pour le bureau central et ses calculateurs, 7000 pour l'impression des tableaux d'observations et 1600 pour frais divers.

Ses ressources, dans cette même année, se composent de 10,000 fr. obtenus de la caisse fédérale, par l'intervention favorable de MM. les conseillers Pioda et Schenck, et de 1600 fr. qu'on espère se procurer par des souscriptions au recueil imprimé des observations, à raison de 20 fr. par exemplaire, pour chaque année. Il est fort à désirer qu'un bon nombre de personnes et d'institutions encouragent par ce moyen cette entreprise [1].

[1] Le rapport proprement dit de M. Mousson n'occupe que 54

MÉMOIRE DE M. LE PROFESSEUR PLANTAMOUR.

Je passe, maintenant, à l'analyse du mémoire présenté aussi en août 1864, par M. Plantamour, à la Société helvétique des sciences naturelles : *Sur la distribution de la température à la surface de la Suisse pendant l'hiver de 1863 à 1864*; mémoire qui offre un premier échantillon des résultats scientifiques auxquels le réseau d'observations météorologiques dont je viens de parler peut donner lieu.

Le but spécial que l'auteur s'est proposé dans ce travail, est la comparaison de la température moyenne en décembre 1863, janvier et février 1864, dans toutes les stations suisses (au nombre de 76 en activité à cette époque), ainsi que de l'amplitude de l'excursion diurne thermométrique ; afin de trouver, d'abord, la loi ou la formule générale par laquelle ces températures peuvent être liées entre elles ; et par suite les influences locales, manifestées par les écarts entre les résultats de la formule et ceux de l'observation, en chaque station particulière.

Il a pris pour la température moyenne mensuelle en chaque station, celle résultant des moyennes des trois observations de chaque jour ; cette moyenne s'écarte fort peu de la vraie moyenne, comme nous l'avons vu plus haut, et la très-faible correction à y faire serait sensiblement la même pour toutes les stations Il a adopté pour mesure de l'amplitude thermométrique diurne, la différence entre la température observée à 1 h. après-midi et à 7 h. du matin, différence plus faible, il est vrai, que

pages ; mais il est suivi de divers tableaux et pièces à l'appui, dans le détail desquelles je ne puis entrer ici.

l'excursion réelle dans les 24 heures, mais qui en diffère très-peu en hiver.

Recherche d'une formule générale pour les températures.

« La température moyenne d'une localité, dit M. Plantamour, pendant un laps de temps donné, dépend d'abord de circonstances générales, dont l'influence peut être exprimée par une loi et traduite en chiffres par une formule, savoir de l'altitude, de la longitude et de la latitude ; puis de circonstances locales, dont l'influence ne peut pas être représentée par une formule. Le chiffre exprimant la valeur de l'influence due aux circonstances locales ne peut pas, par conséquent, être calculé et déterminé *a priori* ; il ressort *a posteriori* de la comparaison entre la température observée, et la température calculée par la formule qui tient compte des circonstances générales. D'un autre côté, la valeur numérique des coefficients, ou des constantes qui entrent dans la formule, ne peut pas être déterminée *a priori ;* il faut la calculer dans chaque cas, à l'aide des températures observées dans les différentes stations. Or, comme les chiffres fournis par l'observation renferment l'influence des circonstances locales, qui peuvent agir tantôt dans un sens, tantôt dans le sens opposé, il importe de multiplier, autant que possible, le nombre des stations, et de les choisir dans des circonstances aussi variées que possible, afin que leur effet soit compensé et éliminé dans le résultat. »

Pour parvenir à sa formule, M. Plantamour a dû d'abord éliminer les données fournies par les stations situées au sud de la chaîne des Alpes. « Cette puissante barrière, dit-il, exerce une telle influence sur les deux versants

opposés, que l'on serait obligé d'exprimer par une fonction discontinue l'action de la latitude dans le passage de l'un à l'autre. J'ai, par conséquent, laissé de côté, dans le calcul des formules, les sept stations des cantons du Tessin et des Grisons qui sont au sud des Alpes; puis, par la comparaison avec la température qui leur serait assignée par les formules, j'ai essayé d'évaluer ensuite l'excédant de chaleur qu'elles doivent à leur position. »

Les 69 stations dont il a fait entrer les données dans ses premiers calculs sont réparties: 1° pour l'altitude, entre Bâle (275^{m}) et le Grand St-Bernard (2478^{m}); 2° pour la longitude en temps à l'est de Paris, entre 0 h. 15 m. (Genève) et 0 h. 32 m. (Remüs, dans les Grisons); 3° enfin, pour la latitude boréale, entre 45°52' (Grand Saint-Bernard) et 47°45' (Lohn, canton de Schaffhouse).

M. Plantamour a adopté 0 h. 24 m. et 46°50' pour longitude et latitude moyennes, et il a introduit dans sa formule générale un terme dépendant du premier de ces éléments, affecté d'un coefficient u encore inconnu, puis un autre terme dépendant du deuxième élément et affecté d'un coefficient v. Quant à l'évaluation de l'effet de décroissement de la température avec la hauteur, il a adopté d'abord, comme point de départ, l'altitude moyenne de 1400 mètres, et a introduit dans la formule trois autres termes, dépendants des trois premières puissances de l'altitude, et affectés de coefficients indéterminés x, y et z.

En ajoutant à ces cinq coefficients indéterminés la température au point central à 1400 mètres d'altitude, on a 6 inconnues et 69 équations de condition pour chaque mois, dont la résolution par la méthode des moindres carrés doit donner les valeurs les plus probables de ces

inconnues pour le dit mois. L'auteur, afin d'abréger le calcul, sans altérer l'exactitude du résultat, a formé des lieux normaux, en réunissant en un seul groupe un certain nombre de stations peu distantes en longitude et en latitude, et dont l'altitude était aussi peu différente. Le nombre des groupes ainsi formés a été de 20, et la résolution des 20 équations de condition pour chaque mois, a conduit M. Plantamour à trois formules générales, représentant la température moyenne à la surface de la Suisse, suivant la longitude, la latitude et l'altitude de chaque station en décembre 1863, janvier et février 1864.

En faisant la somme des carrés des écarts entre le résultat du calcul de la formule pour chaque groupe, et celui de l'observation pour le dit groupe, on trouve

en décembre un écart probable de $\pm$ 0°,38
en janvier » $\pm$ 0,68
en février » $\pm$ 0,31

ce qui montre que les formules représentent les températures avec une approximation aussi grande qu'on était en droit de l'attendre. Le chiffre notablement plus élevé de l'écart en janvier, s'explique par l'influence que les circonstances locales exercent, à un plus haut degré, pour modifier la température, lorsque celle-ci est aussi exceptionnellement basse qu'elle l'a été dans ce mois.

M. Plantamour a calculé, à l'aide de ces formules, le décroissement de la température de cent en cent mètres d'élévation, à partir de 200 mètres d'altitude, au point central en longitude et en latitude ; il a vérifié ainsi que la loi de décroissement a été très-différente d'un mois à l'autre, comme le montre aussi la planche annexée à son mémoire, qui représente par des courbes le décroissement de température avec la hauteur pendant chacun des

trois mois d'observations. En décembre, ce décroissement a été en se ralentissant jusqu'à la hauteur d'environ 1800 mètres; il était d'environ $^1/_2$ degré par cent mètres à de petites hauteurs, et ensuite à peine de $^1/_3$ de degré : puis il s'est légèrement accru aux plus grandes hauteurs. En février, au contraire, le décroissement a suivi une progression croissante jusqu'à 1800 mètres, n'étant d'abord que de $^1/_5$ de degré par cent mètres, et arrivant ensuite à un peu plus de $^1/_2$ degré, puis tendant à décroître aux plus grandes hauteurs. Au mois de janvier, le décroissement déjà très-faible (d'environ un $^1/_5$ de degré par cent mètres) à de petites hauteurs, a encore diminué jusqu'à celle de 1200 mètres, où il était presque nul. Il est devenu ensuite plus rapide, et il était de près de $^1/_2$ degré par cent mètres à 2500 mètres. M. Plantamour attribue cette anomalie en janvier au froid exceptionnel des régions inférieures, ce mois ayant été plus froid que de coutume de près de trois degrés à Genève, tandis qu'il a été plus chaud au St-Bernard de six dixièmes de degré. «Il faut donc admettre, ajoute l'auteur, que les parties plus basses de la Suisse, ainsi qu'une partie notable du centre de l'Europe, ont été envahies par une couche ou une nappe d'air froid, qui ne s'étendait pas à une hauteur considérable, du moins pas d'une manière aussi persistante. On trouve, en effet, sur toutes les sommités élevées de notre réseau, comme le St-Bernard, le Simplon, le St-Gothard, le Bernardin, le Julier, le Grimsel, le Righi et même le Weissenstein et le Chaumont, des froids excessivement rigoureux dans les premiers jours de janvier; mais dans ces localités le froid n'a pas duré, et il a été remplacé par une température comparativement douce, comme si, l'air froid descendant des régions supérieures,

la limite de cette couche s'était graduellement abaissée, de façon à ne recouvrir que les régions moins élevées. On trouve encore une trace de cette anomalie au mois de février, où de 200 à 600 mètres d'altitude l'abaissement de la température est moindre d'un degré. Il semble ainsi que la nappe d'air froid a graduellement diminué d'épaisseur, au point de ne plus recouvrir, à cette époque, que les points élevés de moins de 7 à 800 mètres.»

Quant à la variation de température qui résulte d'un changement dans la position géographique, on voit par le signe du coefficient u que la température s'abaisse à mesure qu'on s'avance vers l'Orient, ce qui est conforme à la loi que présente, en général, cette partie de l'Europe en hiver.

Dans le sens des méridiens, on trouve un accroissement dans la température de 0°,63 en décembre, et de 0°,43 en janvier, à mesure qu'on s'avance d'un degré en latitude vers le nord, et un décroissement de 0°,58 en février. «Cette anomalie, dit M. Plantamour, d'un accroissement de la température pour une latitude plus élevée dans les deux premiers mois, ainsi que l'abaissement très-rapide pour une longitude plus orientale dans les deux mêmes mois, peut s'expliquer par la position et la direction du massif des Alpes. Comme ce massif occupe la partie méridionale, surtout dans la Suisse occidentale, les stations boréales en sont, en général, plus distantes, et l'effet réfrigérant de ce massif doit diminuer avec la distance; il sera moindre, par conséquent, au Nord et surtout au Nord-Ouest de la Suisse que dans les autres régions. Quant à la différence de résultat en février, il est probable qu'on en trouverait l'explication par la distribution de la température dans l'Europe moyenne et la

position du pole relatif de froid à cette époque. Il est à peine nécessaire d'ajouter que ces formules empiriques ne sauraient être employées à calculer la température de lieux situés en dehors des limites du réseau suisse, soit dans le sens horizontal, soit dans le sens vertical, surtout si la distance était un peu considérable. »

Influences locales sur les températures.

M. Plantamour examine ensuite l'influence qu'ont exercée les circonstances locales pour modifier la température. Cette influence ressort de la comparaison entre la température observée dans une station et celle qui lui est assignée par la formule générale obtenue précédemment. L'auteur a dressé un tableau, dans lequel il indique 1° l'altitude, la longitude et la latitude de chaque station ; 2° la différence entre la température observée et la température calculée, pour chacun des trois mois et pour l'hiver entier ; 3° pour chaque mois l'amplitude moyenne de l'excursion diurne de la température. Les 69 stations y sont rangées par ordre d'altitude croissante, depuis Bâle jusqu'au Grand-St-Bernard.

Ce tableau, dit-il, ne permet de reconnaître aucune loi, ou marche régulière, dans les différences entre les résultats de l'observation et ceux de la formule, et il en serait de même si on les rangeait dans l'ordre des longitudes ou des latitudes. Ces différences présentent ordinairement, en chaque station, une grande analogie pour les trois mois, et on ne peut hésiter à y reconnaître une cause locale. Cette cause doit tenir, soit à l'incertitude qu'on peut attribuer à la détermination de la température moyenne, par le fait de quelque erreur de lecture, d'im-

perfection de l'instrument, ou d'emplacement défectueux ; soit à l'influence réelle sur la température de la configuration et du relief de la contrée dans le voisinage de la station.

M. Plantamour estime impossible de fixer d'avance et *a priori*, pour chaque station, le chiffre de l'incertitude sur sa température moyenne, quoique les soins apportés à la construction, à la comparaison et à l'établissement des instruments, et les garanties que présentent les observateurs doivent faire espérer que les erreurs de ce genre sont petites. Mais on peut, du moins, déterminer à combien s'élève, d'après la moyenne de toutes les stations, le chiffre de l'incertitude probable, en prenant la somme des carrés des écarts, et en en déduisant l'incertitude probable avec laquelle la formule représente la température de l'ensemble du réseau suisse. Ce calcul a donné pour résultats :

en décembre 1863 une incertitude probable de	$\pm$ 0°,57
en janvier 1864 »	$\pm$ 1,16
en février 1864 »	$\pm$ 0,62
d'où résulte pour l'hiver entier une valeur moyenne de	$\pm$ 0°,72.

On est, par conséquent, fondé à admettre que, dans tous les cas où l'écart dépasse cette limite, le climat de la contrée adjacente est modifié par l'influence de circonstances locales particulières. L'auteur fait l'énumération des stations où les écarts ont dépassé la valeur probable, soit dans le sens positif, soit dans le négatif. Celles dont la température hivernale a été le plus élevée sont, dans l'ordre du décroissement des écarts :

Churwalden, Beatenberg, Trogen, Montreux, Coire, le Righi, Græchen, Altorf, etc.

Celles, au contraire, où il a fait le plus froid, sont :

Bevers, le Sentier, Ilanz, Andermatt, Reckingen, Splügen, la Chaux-de-Fonds, Vuadens, Einsiedeln, etc.

Sur les 32 cas d'une anomalie prononcée de température, il ne s'en trouve que 10 qui se rapportent aux 34 stations dont l'altitude est au-dessous de 700 mètres ; 21 sont relatifs aux 28 stations comprises entre 700 et 1800 mètres d'altitude ; et il y en a un seul (le Bernardin à écart positif), parmi les 7 stations dont l'altitude dépasse 1800 mètres. M. Plantamour fait au sujet de ces anomalies locales les remarques suivantes :

« En hiver, où le soleil ne reste que peu d'heures au-dessus de l'horizon et n'atteint qu'une faible hauteur, le refroidissement du sol par le rayonnement n'est pas compensé par la chaleur due à l'insolation ; le sol est, par conséquent, habituellement plus froid que les couches d'air superficielles ; celles-ci sont plus froides que celles qui leur sont superposées, et ainsi de suite jusqu'à une certaine hauteur. Pendant la plus grande partie de l'hiver, il se produit ainsi, dans le voisinage du sol, une interversion dans le décroissement de la température avec la hauteur ; c'est alors le sol qui est le plus froid, ainsi que les couches en contact avec lui ; la température s'élève rapidemment d'abord, puis plus lentement jusqu'à une certaine hauteur, à partir de laquelle elle décroît à mesure que la hauteur augmente (M. Plantamour cite en note à ce sujet les expériences intéressantes de MM. Marcet et Martins). Si la station est dans un pays plat, le refroidissement du sol et des couches d'air en contact avec lui ne donne lieu à aucun courant atmosphérique local, les molécules d'air les plus froides et les plus denses occupant partout un niveau inférieur et formant une couche pa-

rallèle au sol. Un vent léger, qui amènerait un renouvellement constant des molécules d'air situées au-dessus d'un point déterminé, ne produirait pas un changement dans la température, puisque les conditions sont les mêmes dans toute la région voisine. Il n'en est pas de même dans un pays montagneux, où le refroidissement des couches en contact avec le sol produit nécessairement, en raison de la déclivité du terrain, un courant atmosphérique local : les molécules d'air amenées successivement en un point donné, peuvent alors provenir de régions plus chaudes, et élever ainsi la température de la station, ou de régions plus froides et l'abaisser.

« Toutes les fois que le sol est plus froid que l'air placé au-dessus, les molécules d'air des couches superficielles se refroidissent par contact, et devenant ainsi plus denses, elles tendront à descendre si le terrain est incliné ; ce mouvement se répétant de proche en proche, il se produira le long de la pente un courant descendant, phénomène bien connu de tous ceux qui habitent les montagnes ou qui les ont étudiées. La direction et l'intensité de ces courants descendants sont modifiées par les plis ou accidents du terrain ; et de la même manière que les courants d'eau, ils tendent à converger et à se réunir dans des dépressions, telles que gorges, couloirs ou ravins, qui leur servent pour ainsi dire de lit.

« Tout courant atmosphérique est nécessairement accompagné d'un contre-courant ; il faut admettre, par conséquent, que les molécules d'air entraînées par le courant descendant soient remplacées par un contre-courant superposé à ce dernier. Si la station est située sur un pic isolé, comme la cime du Righi, ou sur la crête d'une chaîne de montagnes, comme le Chaumont ou

l'Uetliberg, le contre-courant amène incessamment de l'air provenant de couches placées à une plus grande distance du sol, plus chaudes par conséquent; de là la température relativement plus élevée de ces localités. Le Weissenstein seul, parmi les stations placées dans une situation analogue, ne présente pas une anomalie marquée sous le rapport de l'élévation de la température : on peut néanmoins remarquer que la température y a été relativement plus douce qu'à Soleure, située au pied du Jura. Dans les stations placées sur les cols des Alpes, comme le Simplon, le Bernardin, le St-Gothard, le Julier et le St-Bernard, l'élévation de la température produite par le contre-courant peut, suivant la configuration de la localité, être neutralisée et compensée par le courant descendant des cimes qui dominent le col; aussi ne trouve-t-on dans ces cinq stations que des anomalies très-faibles, sauf pour le Bernardin où l'écart positif est prononcé.

« Dans les localités situées sur le flanc des montagnes, l'influence du contre-courant tendra encore à élever la température, quoique d'une manière moins prononcée, en général, que sur les sommités; les détails de la configuration topographique du terrain, dans le voisinage de la station, peuvent y produire alors des différences très-considérables. Ainsi, les dépressions sur le flanc de la montagne, les gorges et les ravins servant de lit au courant descendant, peuvent donner lieu à un abaissement local très-notable de la température, tandis que les parties plus saillantes, les éminences (emplacement choisi généralement pour les villages) seront favorisées au contraire, le contre-courant amenant incessamment de l'air qui ne s'est pas refroidi par le contact avec le sol.

Deux stations de notre réseau qui se trouvent dans une exposition pareille, Beatenberg, au-dessus du lac de Thoune, et Græchen, sur les flancs de la chaîne qui borde à l'est la vallée de St-Nicolas en Valais, présentent, l'une et l'autre, une anomalie très-prononcée (d'environ 2° en moyenne pour la première station et 1° $^1/_2$ pour la seconde) dans le sens d'une élévation de température ; l'écart est moins grand pour Græchen, qui est exposé aux vents du nord, tandis que Beatenberg, placé sur le versant sud, en est abrité. Une circonstance que l'on doit signaler comme pouvant exercer une assez grande influence dans toutes les localités adossées à une pente de montagne, qu'elles soient au pied ou à mi-côte, est l'existence ou l'absence de forêts sur les pentes qui dominent cette localité. Car, de même que le sol se réchauffe moins sous l'action des rayons du soleil dans une région couverte de forêts, de même aussi il se refroidit beaucoup moins par le rayonnement ; le courant descendant rencontre aussi dans ce cas des obstacles qui diminuent son intensité. On peut donc signaler, parmi les effets fâcheux que produit le déboisement des pentes et des montagnes, la détérioration qui en résulte dans le climat des localités situées au-dessous de ces pentes, en rendant les froids de l'hiver plus rigoureux.

« D'après ce qui précède, on doit s'attendre à trouver au fond des vallées, dans leur partie la plus profonde, une température notablement plus basse, leur Thalweg servant de lit à un courant d'air froid, tout comme au torrent ou à la rivière. Mais l'espace de ce courant, quoique plus considérable que celui du torrent, est cependant limité à une zone étroite, en sorte que les parties de la vallée en dehors de ces limites pourront être dans une

situation analogue à celles qui se trouvent sur le flanc des montagnes. On trouvera ainsi des localités qui, grâce à leur position et à la topographie du terrain, sont en dehors du courant d'air froid, et peuvent même devoir une température relativement élevée à certaines circonstances spéciales, telles que l'abri qu'offrent les montagnes contre les vents du nord, surtout si les pentes sont boisées, le voisinage d'un lac, etc. Ainsi Coire, Platta, Auen, Altorf, Closters, Stalla, Schwytz, Sargans sont dans ce cas ; et on peut ranger aussi Montreux dans la même catégorie, avec cette différence que le lac, qui y occupe le fond de la vallée, est en hiver une cause de chaleur et non de froid.

« L'exemple le plus saillant de l'abaissement extraordinaire de la température que l'on rencontre dans certaines parties des vallées, est Bevers, village qui a la réputation d'être le plus froid de toute la haute Engadine, dont le climat est cependant bien rigoureux. Les observations de l'hiver dernier ont confirmé cette réputation. En effet, non-seulement Bevers a présenté l'anomalie de froid la plus forte, de 2°,89 : mais aussi de froid absolu le plus intense de toutes les stations. Sa température moyenne a été de — 13°,49 en janvier, et pour l'hiver de — 9°,40 : tandis que la température moyenne du Julier a été de — 10°,53 en janvier et de 8°,63 pour l'hiver, et celle du St-Bernard de — 8°,67 en janvier et de — 8°,02 pour l'hiver. Le Julier est, cependant, plus élevé de 500 mètres que Bevers, à une distance de quelques lieues seulement ; le St-Bernard est plus élevé de près de 800 mètres, mais sa position géographique est plus différente. On peut, peut-être, attribuer le froid si rigoureux de cette localité à ce qu'elle est placée au débouché du

val Bevers dans la vallée de l'Inn, et par conséquent au confluent de deux courants d'air froid.

« Un trait dans la configuration topographique d'une vallée, dont l'influence sur la température est très-appréciable, est celui d'un étranglement ou d'un rétrécissement, qui, en opposant un obstacle au courant d'air froid, la transforme en un bassin presque fermé, au fond duquel la température tend sans cesse à s'abaisser, puisque les molécules d'air les plus denses et par conséquent les plus froides, s'y précipitent de tous côtés, sans trouver en aval une issue suffisante comme dans les vallées ouvertes. C'est un trait qui se présente fréquemment dans les vallées longitudinales (dirigées du nord-est au sud-ouest) comprises entre les chaînes parallèles du Jura, et dont la température rigoureuse en hiver est un fait bien connu. Parmi nos stations, le Sentier, dans la vallée de Joux, et la Chaux-de-Fonds en sont un exemple, et offrent, la première surtout, une anomalie négative très-prononcée (elle a été de —4° $^1/_3$ en janvier). Le contraste est frappant par comparaison avec la température de St-Imier, qui se trouve aussi dans une vallée longitudinale et un peu plus basse du Jura, mais qui ne présente pas le caractère d'une combe, ou avec celle de Ste-Croix, qui est dans une vallée perpendiculaire à la chaîne. Dans les vallées des Alpes, cet accident se présente fréquemment et dans des circonstances différentes ; ainsi lorsque, dans sa partie supérieure, une vallée est parallèle à la direction de la chaîne principale, puis change de direction en faisant un angle à peu près droit, elle est ordinairement réduite, à l'endroit où se trouve le coude, à un défilé souvent très-étroit sur une étendue assez longue. C'est ce que l'on trouve à Andermatt, où la val-

lée d'Urseren est presque entièrement bouchée par la chaîne septentrionale, qui ne laisse qu'une fente étroite au passage de la Reuss; l'anomalie négative d'Andermatt est très-prononcée (elle a été de — 3° 1/2 en janvier), et le fait que tous les flancs des montagnes qui bordent la vallée d'Urseren sont entièrement déboisés, contribue sans doute à augmenter le froid dans cette localité. Un autre exemple de ce cas se présente dans la vallée du Rheinwald, dans laquelle se trouve le village du Splügen, un peu au-dessous duquel le Rhin change de direction en traversant une suite de défilés. On peut du reste remarquer que les vallées parallèles à la chaîne principale sont généralement plus froides que celles dont la direction est perpendiculaire à cette chaîne.

« Le rétrécissement d'une vallée peut avoir lieu sans qu'il y ait un changement de direction, par suite du rapprochement des flancs des montagnes placées de chaque côté. C'est ce qui a lieu, par exemple, près d'Ilanz dans le canton des Grisons ; un peu au-dessous de ce bourg, la vallée est presque fermée, et le Rhin coule au fond d'une gorge très-étroite et profonde, encaissée entre deux parois presque verticales. Aussi, l'anomalie négative dans la température de cette localité est-elle très-forte (elle a été de 3° 1/2 en janvier) ; le fait que les flancs de la montagne sur la rive gauche sont nus et déboisés peut contribuer à ce résultat. La vallée de Conches, dans le Haut-Valais, est également resserrée au-dessous de Reckingen, et l'anomalie négative de l'hiver dernier y a été d'environ 1° 1/2.

« Les anomalies de température que l'on rencontre dans les stations situées sur des plateaux, sont plus difficiles à expliquer par des règles générales. En Suisse,

les terrains de ce genre ne sont rien moins que plats, ils sont très-coupés et accidentés, et c'est de la configuration topographique de chaque localité que dépend l'élévation ou l'abaissement de la température. Ainsi, la région élevée dans laquelle se trouve le village de Churwalden, au-dessus de Coire, ne peut être désignée autrement que par le terme de plateau; c'est dans cette station qu'on trouve l'anomalie positive la plus forte (elle a été de + 4°,47 en janvier et de + 2°,83 dans les trois mois d'hiver). Trogen, dans le canton d'Appenzell, et St-Gall présentent également des anomalies positives; tandis qu'Einsiedlen, dont la position est assez analogue à celle de Trogen, du moins dans ses traits généraux, accuse une assez forte anomalie négative. On trouve également une anomalie négative assez prononcée dans la région des plateaux de la partie sud-ouest de la Suisse, qui comprend les stations de Vuadens, Fribourg et Berne. Il faudrait, dans chacun de ces cas, une étude très-spéciale de la localité, des vents locaux, etc., etc., pour indiquer les causes qui produisent une anomalie tantôt positive, tantôt négative... C'est seulement en l'absence d'un vent général un peu prononcé, que ces courants atmosphériques peuvent se produire: les anomalies seront, par conséquent, plus marquées quand l'équilibre de l'air aura été moins fréquemment troublé par une agitation générale, que lorsque des vents violents auront régné. C'est la première de ces alternatives qui s'est présentée en janvier 1864. A un fort vent du nord pendant les trois ou quatre premiers jours de ce mois, a succédé jusqu'à sa fin une période de calme et d'élévation du baromètre, qui peut rendre raison du chiffre élevé des anomalies locales de température. »

J'ai rapporté à peu près textuellement plusieurs paragraphes du mémoire de M. Plantamour, parce qu'ils m'ont semblé dignes d'intérêt, par l'heureuse application qui y est faite des principes de la science à l'appréciation du climat des diverses stations du réseau suisse, application qui mettra sur la voie d'examens ultérieurs comparatifs du même genre, fondés sur de plus longues séries d'observations.

Influence de la chaîne des Alpes sur les températures.

L'auteur compare ensuite avec les résultats précédents les températures observées dans les sept stations du réseau situées au sud des Alpes, dont cinq dans le canton du Tessin : Faido, Locarno, Bellinzone, Lugano et Mendrisio, et deux dans le canton des Grisons : Casta-Segna et Brusio. On ne peut pas, dans cette comparaison, comme nous l'avons annoncé plus haut, avoir égard aux termes dépendant de la différence de longitude et de latitude. M. Plantamour, en laissant ces termes de côté, et n'ayant égard qu'à ceux relatifs au décroissement de la température avec la hauteur, a calculé, pour chaque mois, de combien la température observée en chacune des stations méridionales est supérieure à celle que, d'après l'ensemble des stations septentrionales, on trouverait à la même altitude au point moyen de ces dernières stations. Il en résulte, en prenant la moyenne des différences pour les trois mois d'observations, qu'à hauteur égale, la température a été cet hiver-là, plus élevée en moyenne de 3°,06 pour un point situé au sud des Alpes, à $0^h\ 27^m,6$ de longitude en temps à l'est de Paris et 46°11′ de latitude boréale, qu'elle ne l'a été, d'après 69 stations au nord des Alpes, pour un

point dont la longitude est de 0^h 24^m et la latitude de 46°50′.

Ce résultat ne peut être pris comme exprimant rigoureusement l'influence du massif des Alpes sur la température de ses deux versants opposés, vu la différence des coordonnées géographiques entre les deux points comparés entre eux. Mais la distance de ces points est peu considérable, et comme les lignes isothermes suivent habituellement en hiver la direction du nord-ouest au sud-est, on peut regarder le résultat obtenu comme représentant très-approximativement la quantité dont, toutes choses étant égales d'ailleurs, la température a été cet hiver-là plus élevée sur le versant sud des Alpes que sur le versant nord. Le mois de février a présenté une différence de température de 1°,73 seulement, et il sera intéressant de constater si cette différence tient à une anomalie spéciale en 1864, ou si elle se reproduira dans les années suivantes. La station de Brusio est la seule des 7 où l'on puisse signaler une élévation anomale de température d'environ un degré, tenant peut être à des circonstances locales.

Il est probable que la plupart des résultats précédents peuvent être assez différents d'une année à l'autre. Les recherches récentes de M. le professeur Dove de Berlin ont fait voir qu'il existe en Europe, à certaines époques, des pôles relatifs de chaleur ou de froid, autour desquels on peut tracer des lignes qu'il a appelées *isométrales*, réunissant tous les points pour lesquels le chiffre de l'anomalie est le même ; les pôles pouvant se trouver tantôt dans une partie de l'Europe, tantôt dans une autre, il est évident que, d'après leur position, la variation de la température suivant la longitude et la latitude pourra être très-différente.

Variabilité du décroissement de la température avec la hauteur.

Quant au décroissement de la température avec la hauteur, les résultats si dissemblables trouvés dans les trois mois de l'hiver de 1863 à 1864, permettent également de supposer qu'on obtiendrait une loi très-différente pour le décroissement, dans une autre année, pendant les mêmes mois.

Cette supposition, ajoute M. Plantamour, est d'ailleurs pleinement confirmée par la comparaison de la différence de température entre Genève et le Grand St-Bernard pendant une série d'années. Ces deux stations ne sont éloignées l'une de l'autre, en ligne directe, que de 85 kilomètres. D'après la valeur de la température moyenne de chaque mois, déduite pour Genève d'une série de 35 années et pour le St-Bernard de 20 années, la différence de température entre les deux stations est, en moyenne, de 8°,79 en décembre ; 9°,20 en janvier et 10°,30 en février. Or, d'après le tableau détaillé que donne M. Plantamour de ces différences, dans les mêmes mois, pendant les quatorze dernières années 1851 à 1864, on voit qu'elles ont varié :

Entre 3°,49 et 12°,32 en décembre.
» 4°,05 et 11°,59 en janvier.
» 8°,14 et 13°,85 en février.

M. Plantamour examine les circonstances qui peuvent servir à rendre raison de ces grandes variations, et ajoute ensuite : « Jusqu'à présent nous ne pouvions constater que les variations de deux points placés à 2070 mètres l'un au-dessus de l'autre, sans avoir les données néces-

saires pour trouver le décroissement en des points intermédiaires; l'établissement des stations météorologiques suisses comble cette lacune, et il mettra à notre disposition tous les éléments propres à déterminer, pour un mois quelconque et avec une grande exactitude, la loi du décroissement de la température avec la hauteur, jusqu'à une altitude de 2500 mètres[1]. »

« Lors de l'invasion des grands froids, au commencement de janvier 1864, et dans les recrudescences de froid qui ont eu lieu, à diverses reprises, à la fin de ce mois et en février, c'est dans les stations élevées que l'abaissement de température s'est manifesté un, deux ou trois jours plus tôt que dans la plaine. L'excédant négatif, après y avoir été fort considérable pendant un jour ou deux, a rapidement diminué et s'est transformé en un excédant positif : tandis que dans la plaine et dans les vallées, l'abaissement relatif de la température s'est prolongé pendant un beaucoup plus grand nombre de jours, sans atteindre une valeur aussi forte. »

Il me paraît résulter évidemment de l'analyse étendue que je viens de faire du mémoire de M. Plantamour, qu'il a su tirer un parti très-avantageux pour la physique terrestre des trois mois d'observations thermométriques

[1] M. Glaisher, l'un des astronomes-adjoints de l'Observatoire royal de Greenwich, a cherché, dans ces dernières années, par de très-nombreuses ascensions en ballon, faites de jour en Angleterre, en diverses saisons, et jusqu'à 25 à 30 mille pieds de hauteur, à étudier entre autres, dans ce climat, la progression des températures à mesure qu'on s'élève, et il en a constaté la variabilité. Il se propose, pour continuer le même genre de recherches, d'effectuer aussi des ascensions nocturnes.

suisses dont il s'est occupé ; et l'on peut conclure aisément de cette première étude, tout ce qu'on doit espérer de résultats intéressants pour la météorologie alpestre, des précieux matériaux que le système actuel d'observations va mettre à la disposition des savants. On doit accorder sous ce rapport de sincères éloges, soit aux promoteurs de cette belle entreprise fédérale, soit à tous ceux qui coopèrent à son exécution, et faire des vœux pour qu'elle puisse être poursuivie pendant un certain nombre d'années, avec le dévouement consciencieux qu'elle réclame, surtout de ceux qui ont accepté les fonctions d'observateurs.

NOUVELLE MÉTHODE

POUR LA

MESURE DE LA CONDUCTIBILITÉ POUR LA CHALEUR

PAR

M. A.-J. ANGSTRŒM.

(*Pogg. Ann.*, 1861, nº 12, p. 513; 1864, nº 12, p. 628.[1])

Deux méthodes ont été exclusivement employées jusqu'ici pour la détermination des coefficients de conductibilité pour la chaleur. L'une de ces méthodes est fondée sur la formule :

$$Q = k \frac{(u_1 - u_0)}{e}$$

où Q est la quantité de chaleur qui traverse une lame

[1] La conductibilité des corps par la chaleur est un élément assez important pour qu'il soit utile de faire connaître une nouvelle méthode qui a pour objet de le déterminer. La méthode proposée par M. Angström consiste, comme on le verra, à chauffer et à refroidir périodiquement l'extrémité d'une barre et à observer la propagation dans cette barre des variations de température qu'on y provoque. Pour qu'on puisse juger de la précision des résultats que cette méthode est susceptible de fournir, il faudrait connaître un plus grand nombre d'observations que l'auteur n'en a encore publié. La principale objection que les physiciens feront à la méthode proposée est que l'inconnue s'y obtient d'une manière très-indirecte. Il faut, en effet, calculer au moyen des don-

d'épaisseur e, dont les deux surfaces sont maintenues à des températures constantes u et u_0. L'autre repose, comme on le sait, sur l'observation de la propagation de la chaleur dans une barre, c'est-à-dire sur l'observation des températures des divers points de la barre, lorsqu'elles sont devenues stationnaires, et qu'elles satisfont par conséquent à l'équation différentielle

$$\frac{d^2 u}{d x^2} - \frac{h p}{k s} u = o$$

où h est le pouvoir émissif de la surface, p le périmètre et s la section de la barre, u la température du point qui est à la distance x de l'origine, et enfin k, comme ci-dessus, le coefficient de conductibilité.

Si l'on discute ces deux méthodes, la première, au point de vue pratique, est sujette à objections. En effet, il y a une difficulté très-grande à maintenir à des températures fixes les deux faces d'une plaque métallique, à travers laquelle il passe une quantité considérable de chaleur. M. Péclet n'a réussi qu'en soumettant à un mouvement très-rapide les couches d'eau qui baignent les deux surfaces, et on peut se demander si le frottement exercé dans ces conditions ne développe pas une quantité de chaleur qui doit entrer en ligne de compte. Les

nées de l'observation des constantes numériques dont dépend par une série d'équations le coefficient de conductibilité. Toutefois, dans les travaux de Weber sur l'électricité, on trouve l'application de méthodes analogues, et elles peuvent conduire à des résultats très-précis, si les procédés d'expérimentation permettent d'établir les calculs sur des bases suffisamment exactes. Quoi qu'il en soit, la méthode proposée par M. Angström est intéressante à étudier, et nous publions un extrait des deux mémoires où l'auteur l'a exposée.

différences considérables que présentent les résultats obtenus par différents physiciens en employant cette méthode montrent bien qu'elle est d'une application difficile. En prenant pour unité de chaleur la calorie, la quantité de chaleur qui traverse dans une seconde une lame de cuivre de 1^{mm} d'épaisseur, de 1^{m} de surface, et dont les faces ont des températures différentes de 1°, c'est-à-dire le coefficient de conductibilité du cuivre a été trouvé par divers expérimentateurs égal à 0,23, à 1,22, puis à 19,11 par M. Péclet en employant les agitateurs. Cette dernière valeur, bien que beaucoup plus grande que les précédentes, est encore beaucoup plus petite que celle que l'on obtient par une nouvelle méthode, comme on le verra plus loin.

La seconde méthode est plus exacte, et la détermination des températures d'une barre peut se faire avec beaucoup de précision soit avec des thermomètres, soit au moyen d'un élément thermo-électrique, comme l'ont pratiqué MM. Wiedemann et Franz. Mais cette méthode présente cet inconvénient qu'elle ne fournit pas la valeur de k, mais celle du rapport de k à h, c'est-à-dire au pouvoir émissif de la surface de la barre. Or le pouvoir émissif dépend dans une certaine mesure de la température absolue. On ne peut donc obtenir que les valeurs relatives des coefficients, et il faut pour cela que toutes les barres aient la même surface et aussi n'opérer qu'entre certaines limites de température.

Il est donc désirable de trouver un autre procédé qui permette d'obtenir la valeur absolue de k, et qui ne présente pas les difficultés pratiques de la première des deux méthodes que l'on vient de rappeler.

L'équation différentielle du mouvement de la chaleur dans une barre prismatique est :

$$\frac{du}{dt} = \frac{\mathrm{K}\,d^2u}{dx^2} - \mathrm{H}u$$

ou

$$\mathrm{K} = \frac{k}{c\delta}, \text{ et } \mathrm{H} = \frac{hp}{c\delta s}$$

u est la température d'un point de la barre à l'instant t, x sa distance à l'origine; h et k sont le pouvoir émissif et le coefficient de conductibilité de la substance, c et d sa chaleur spécifique et sa densité; p et s sont le périmètre et la section de la barre.

On considère une barre prismatique suffisamment longue par rapport à son épaisseur pour qu'il n'y ait pas lieu de tenir compte de ses faces terminales, et à l'une de ses extrémités *on opère des réchauffements et des refroidissements successifs à des intervalles de temps égaux.* Ces changements périodiques de température se propagent dans la barre; les oscillations de température sont retardées et leur amplitude diminuée lorsqu'on les observe sur des points de plus en plus éloignés de celui où on les détermine. On prolonge ces variations jusqu'à ce que la température moyenne d'un point de la barre devienne stationnaire, et c'est l'observation des oscillations thermométriques en deux points suffisamment distants qui permet, comme on va le voir, de déterminer le coefficient de conductibilité.

Dans les conditions que l'on suppose réalisées, c'est-à-dire si la température moyenne d'un point est stationnaire, et si le réchauffement et le refroidissement sont

parfaitement périodiques, la solution de l'équation des températures peut être mise sous la forme :[1]

$$u = m e^{-\sqrt{\frac{H}{K}}\,x} + a e^{-gx} \sin\left(\frac{2\pi t}{T} - g'x + \beta\right)$$

En effet, cette équation satisfait à l'équation différentielle donnée plus haut, et la température d'une section de la barre peut être exprimée d'une manière suffisamment approchée par le sinus d'un arc croissant proportionnellement au temps et renfermant une constante arbitraire. Dans cette équation, *T* est la durée de la période,

[1] L'équation complète des températures, telle qu'elle est donnée dans le mémoire de M. Angstrœm, se compose de quatre termes au lieu de deux ; c'est la suivante :

$$\begin{aligned} u = m e^{-\sqrt{\frac{H}{K}}\,x} & + a e^{-gx} \sin\left(\frac{2\pi t}{T} - g'x + \beta\right) \\ & + b e^{-g\sqrt{2}\,x} \sin\left(\frac{4\pi t}{T} - g'\sqrt{2}\,x + \beta'\right) \\ & + c e^{-g\sqrt{3}\,x} \sin\left(\frac{6\pi t}{T} - g'\sqrt{3}\,x + \beta'\right) \end{aligned}$$

Les deux derniers termes disparaissent si la température d'un point de la barre est soumise à une variation périodique, dont la durée de période est T. Il en résulte que, comme l'on cherche autant que possible à réaliser cette condition, les coefficients de ces termes sont toujours très-petits et qu'on peut les négliger dans les calculs.

au bout de laquelle la température redevient la même ; m, a et β sont des constantes arbitraires et les quantités g et g' sont données par les équations :

$$g = \sqrt{\sqrt{\frac{\pi^2}{K^2T^2} + \frac{H^2}{4K^2}} + \frac{H}{2K}}$$

$$g = \sqrt{\sqrt{\frac{\pi^2}{K^2T^2} + \frac{H^2}{4K^2}} - \frac{H}{2K}}$$

Ces équations sont celles au moyen desquelles on satisfait à l'équation différentielle du problème.

Voici maintenant comment l'observation des températures conduit à la détermination de k. On a une barre chauffée et refroidie périodiquement, et soit 24^m la durée de la période, l'angle $\frac{2\pi}{T}$ est alors égal à 15°. On compte T en minutes et on désigne par n le nombre des minutes correspondant à un certain instant à partir de l'origine du temps. On observe au bout de chaque minute les températures de deux points séparés par une distance l; soit u_0 la température du point le plus voisin de la partie chauffée et refroidie ; soit u_1, la température pour le second point. On prend pour origine des x le premier point et la température u_0 a pour expression :

$$u_0 = m + a \sin\left(n\,15^\circ + \beta\right)$$

pour u_1 on fait x égal à l :

$$u_1 = m\,e^{-\sqrt{\frac{H}{g}}\,l} + a\,e^{-gl} \sin\left(n\,15^\circ - g'l + \beta\right)$$

Ces deux équations se mettent sous la forme :

$$u_0 = A_0 + B_0 \sin (n 15^\circ + C_0)$$
$$u_1 = A_1 + B_1 \sin (n 15^\circ + C_1)$$

L'observation des températures donne une série de valeurs, u_0 et u_1, pour les divers instants de la période, et permet de déterminer ainsi, en employant la méthode des moindres carrés, les constantes A_0, B_0, C_0, et A_1, B_1, C_1.

Or il résulte des équations ci-dessus que l'on a :

$$\frac{B_0}{B_1} = e^{gl}$$

$$C_0 - C_1 = g'l.$$

On trouve ainsi les valeurs de gl et de $g'l$.

Posons :

$$gl = \alpha \quad \text{et} \quad g'l = \alpha'$$

les équations qui déterminent g et g' donnent :

$$\alpha\alpha' = \frac{\pi l^2}{KT}$$

et en remplaçant K par sa valeur, on trouve finalement :

$$k = c\delta \frac{\pi l^2}{\alpha\alpha' T}.$$

Ainsi le coefficient de conductibilité est donné par une expression où n'entre pas h, le pouvoir émissif. Les quantités qui entrent dans cette formule sont les unes déduites de l'expérience, savoir T, l et α et α', les autres des constantes de la substance c et d, c'est-à-dire la chaleur spécifique et la densité, éléments connus avec toute la précision désirable.

On a fait l'application de cette méthode au fer et au cuivre, et les expériences suivantes serviront à montrer un exemple des conditions dans lesquelles on peut expérimenter.

Pour la mesure des températures, on a employé des thermomètres de la plus petite dimension possible plongeant dans la barre. On ne peut guère employer la mesure des températures à la surface de la barre au moyen d'un élément thermo-électrique que si la barre elle-même est très-mince, condition qui est désavantageuse pour cette méthode. En outre, le passage de la chaleur de la barre à l'élément thermo-électrique donne lieu à des irrégularités qui sont tout à fait du même ordre que celles qui peuvent provenir des trous pratiqués dans la barre pour y placer les thermomètres. Les thermomètres avaient des réservoirs cylindriques de $1^{mm},5$ à $2^{mm},0$ de diamètre et de 15^{mm} de long ; les échelles étaient arbitraires et on les visait avec une lunette. Les barres prismatiques avaient 23^{mm} de largeur et les trous, de $2^{mm},3$ de diamètre, étaient disposés à 50^{mm} les uns des autres. La longueur totale de la barre de cuivre était de 570^{mm}. Le réchauffement et le refroidissement alternatifs de la barre s'opérait au moyen de la vapeur d'eau et de l'eau froide. Un robinet que l'on tournait dans un sens ou dans l'autre ouvrait successivement la communication avec une cornue où se produisait la vapeur et avec l'eau d'un réservoir. Avant de se servir des thermomètres, on les avait comparés et on avait établi les valeurs relatives de leurs divisions. Il faut remarquer qu'on n'a besoin de connaître la température absolue des points de la barre que pour établir à quelle température moyenne correspond la valeur que l'on trouve pour le coefficient de conducti-

bilité. Et, de plus, on peut se passer de chercher les valeurs relatives des divisions des deux thermomètres que l'on emploie dans une expérience, si l'on a soin de faire deux séries d'observations en échangeant dans la seconde la place des deux thermomètres.

Le verre étant mauvais conducteur, on peut craindre que le thermomètre n'accuse pas immédiatement la température du point de la barre où il plonge. Toutefois ce retard dans les indications se produit à la fois sur les deux thermomètres que l'on observe, et s'il y a quelque différence entre les deux, on peut l'éliminer en les changeant respectivement de place.

Dans le tableau suivant se trouve, comme exemple, une série d'observations faites sur une barre de cuivre. La longueur de la période totale des températures est de 24 minutes, c'est-à-dire qu'on chauffe pendant 12 minutes et qu'on refroidit pendant les 12 autres. Les deux thermomètres *A* et *B* que l'on observe sont distants de 100mm. Les nombres de degrés inscrits dans chaque colonne verticale correspondent deux à deux aux deux instants inscrits au haut de cette même colonne :

	1m 13m	3m 15m	5m 17m	7m 19m	9m 21m	11m 23m
Therm. A.	107.50 50.57	93 55 80 22	72.27 93.05	56.83 100.09	50.13 104.50	46.73 107.54
Therm. B.	100.96 73.51	98 88 81 31	91.87 88 67	84.07 93 53	78.80 96.86	75.56 99.26

En calculant, au moyen de cette série d'observations, les constantes de la formule des températures, on trouve pour le thermomètre *A* :

$$u_0 = 80.39 + 31.745. \sin (15^o\, n + 134^o.\ 6',2)$$

et pour le thermomètre *B* :

$$u_1 = 88.86 + 13.818 \sin (15^0\, n + 109^0.\ 2'.7)$$

Une seconde série d'observations faite en changeant de place les deux thermomètres donne pour les températures des deux points deux formules semblables à celles-ci, et en prenant pour les valeurs de α et α', quantités dont on a expliqué la signification dans les formules développées plus haut, les valeurs moyennes on trouve :

$$k = cd.\ 64{,}0.$$

Plusieurs séries d'observations ont été faites de cette manière sur la barre de cuivre et sur une barre de fer. On a fait varier la durée de la période des températures, qui a été de 24, de 16 et de 12 minutes. Dans le tableau suivant, on trouve les résultats obtenus pour le quotient $\frac{k}{cd}$ dans ses diverses séries. La température moyenne du barreau est aussi indiquée, ainsi que la durée de la période.

	Durée de la période.	Températ. moyenne.	Rapport $\frac{k}{cd}$
Acier	24^m	67°.9	62.07
	»	62.9	64.00
	»	50 0	63 44
	»	49.9	64.41
	16	49.0	65.81
	12	46.5	64.97
	16	33.0	67.92
	Moyenne	51 3	64 66
Fer	16	25.5	11.14
	16	54.1	10.92
	Moyenne	53.3	11.03

Ce produit *cd* est pour le cuivre égal à 0,844, et pour le fer à 0,886 ; on trouve ainsi que la valeur absolue de *k* est :

pour le cuivre.....54.62
pour le fer........ 9.77

Afin de vérifier ces résultats, on a cherché les valeurs relatives des conductibilités des deux barres par la méthode du décroissement des températures stationnaires, et on a trouvé pour le rapport des conductibilités 5,65 : le rapport des deux valeurs ci-dessus est 5,59.

Dans les valeurs absolues de *k*, l'unité de temps est la minute, l'unité de chaleur est le millième de la calorie, l'unité de surface est le centimètre carré, et l'unité d'épaisseur le centimètre. En réduisant à ces mêmes unités les valeurs trouvées par M. Péclet pour le cuivre et le fer, ces valeurs deviennent :

pour le cuivre.....11.4
pour le fer........ 4.35

La méthode de M. Angström et les premiers résultats que l'auteur a obtenus en l'appliquant se trouvent dans un mémoire qui a été publié il y a quatre ans. Il a paru récemment une addition à ce mémoire, où l'on trouve une série d'expériences pour déterminer la conductibilité du mercure.

Le mercure est contenu dans un tube de 37^{mm} de diamètre, qui est maintenu dans une position verticale. Le haut de la colonne est en contact avec un cylindre métallique recourbé, et pour produire le réchauffement et le refroidissement périodiques, on chauffe pendant 12 minutes à la lampe ce cylindre et on le laisse refroidir pendant 12 autres minutes. La distance des deux thermo-

mètres que l'on observe est de 48mm. Voici le tableau des expériences, d'après lequel on peut voir que l'on obtient des périodes très-régulières et dont l'amplitude est toujours la même :

THERMOMÈTRE A.

	1^m	3^m	5^m	7^m	9^m	11^m	13^m	15^m	17^m	19^m	21^m	23^m
	48.50	44.35	38.90	33.40	28.50	24.50	24.66	28.27	33.27	38.53	44 22	48.57
	8.50	4.60	9.30	3.75	8 90	4 62	4.70	8.30	3 33	8.85	4.16	8.40
	8 22	4 57	9 16	3 66	8.50	4.50	4.60	8.25	3.33	8.77	4.18	8.52
Moyenne..	48.41	44 51	39.12	33.60	28.63	24.54	24.65	28.27	33 31	38.72	44.19	48.50

THERMOMÈTRE B.

	4^m	6^m	8^m	10^m	12^m	14^m	16^m	18^m	20^m	22^m	24^m	26^m
	58.20	57 62	56.50	55 00	53.37	52.22	51.80	52.25	53.27	54.70	16.27	57.32
	7.90	7.50	6.40	4.97	3.30	2 15	1.75	2 20	3 20	4.62	6.12	7.22
	7.80	7.40	6.30	4 83	3.25	2.05	1 72	2.15	3.20	4.63	6.20	7.12
Moyenne..	57.90	57.57	56.37	54.93	53.30	52.14	51.77	52.22	53 23	54.65	56.19	57.27

Dans ces tableaux, chaque ligne horizontale renferme toutes les observations d'une période complète commençant et finissant par le maximum.

En calculant, comme on l'a vu plus haut, les constantes de la formule des températures et en résolvant les équations qui donnent k, on trouve que le coefficient de conductibilité pour le mercure à 50° est :

$$1{,}061 \quad .$$

Cette valeur comparée à celles qu'on a trouvées pour le cuivre et le fer, donne le même rapport que celui qui existe entre les valeurs des conductibilités électriques de ces métaux.

L'auteur résume de la manière suivante les avantages que lui paraît offrir la méthode qu'il propose :

1° Les résultats sont indépendants de la température du milieu ambiant.

2° On applique le calcul non pas à une seule observation, mais à toutes les observations des températures qui constituent une période, et toutes ces observations ont une valeur égale pour la détermination de l'inconnue.

3° On peut rendre les résultats indépendants de la valeur des divisions des thermomètres que l'on emploie.

4° En faisant varier la longueur de la période, on peut obtenir des vérifications et aussi rendre la méthode applicable à des barres courtes.

5° On peut appliquer la méthode à des liquides.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

H. Wild. Untersuchungen ueber die Identitaet, etc.... Recherches sur l'identité de l'ether lumineux et du fluide électrique.

L'hypothèse qui assimile l'éther dans lequel a lieu la propagation des ondes lumineuses au fluide électrique a pour conséquence que la densité de l'éther ne doit pas être la même dans un corps, suivant qu'il est électrisé positivement ou négativement. M. Wild décrit un certain nombre d'expériences destinées à faire voir s'il est possible de trouver quelque corrélation entre les propriétés optiques des corps et leur état électrique. Les résultats de ces expériences sont tous négatifs, bien que dans certaines d'entre elles les moyens d'expérimentation soient très-sensibles.

1° On fait adhérer une goutte d'acide sulfurique à un prisme en verre et on dispose l'expérience comme pour la détermination de l'indice de réfraction par la méthode de la réflexion totale. On fait donc coïncider le fil du réticule de la lunette avec la limite de la réflexion. On électrise la goutte d'acide au moyen d'un fil de platine qui communique avec une source et on examine si la limite se déplace.

2° Dans une capsule en verre dont les bords sont vernis à la gomme laque, on met de l'acide sulfurique. On dispose au dessus, à une distance de 15^{mm} des bords de la capsule et à 30^{mm} de la surface du liquide, une plaque de cuivre percée d'une ouverture rectangulaire de 10^{mm} de large sur 60 de long. Deux lunettes

sont placées des deux côtés de la capsule, de telle manière qu'un rayon arrivant suivant l'axe de la première passe par l'ouverture de la plaque, tombe sur la surface liquide suivant l'angle de polarisation et soit réfléchi suivant l'axe de la seconde. A cette seconde lunette, on adopte un prisme de Nicol et on fait arriver par la première la lumière d'une lampe d'Argand. Avec le prisme de Nicol, on éteint le rayon réfléchi et il suffit d'un angle d'une minute pour le faire reparaître ; on électrise le liquide, on fait communiquer la plaque avec le sol et, après avoir éteint le rayon réfléchi, on examine s'il reparaît par le fait de l'électrisation. — Le résultat négatif fait voir que l'indice de réfraction de l'acide n'est pas changé d'un millième.

3° Une auge rectangulaire en lames de verre à glace est partagée suivant sa longueur en deux compartiments par une paroi également en verre enduite de gomme laque. On la remplit jusqu'à 30^{mm} environ de ses bords supérieurs avec de l'acide sulfurique ; à l'une des extrémités de l'auge, on place une lampe d'Argand derrière un système de fentes de diffraction, et on rend parallèles les rayons au moyen d'une lentille achromatique ; ces rayons parcourent l'auge de part et d'autre de la paroi médiane. La face de l'auge opposée à la lampe est recouverte intérieurement d'une lame métallique réfléchissante, ne laissant que deux ouvertures verticales larges de $^1/_4{}^{mm}$ des deux côtés de la paroi médiane. Les franges de diffraction sont observées au travers de ces deux fentes avec une lunette astronomique grossissant 60 fois. La disposition est ainsi tout à fait la même que dans la méthode d'Arago pour l'observation des petites différences d'indice de réfraction. — Le fil de la lunette est mis en coïncidence avec le premier minimum du second ordre d'un des côtés et on électrise positivement l'un des compartiments de l'auge, tandis que l'autre est mis en communication avec le sol. — Les franges ne sont nullement modifiées. La théorie montre qu'un changement de 0,000001 dans le rapport des indices des deux liquides serait suffisant pour produire un déplacement de la ligne obscure de 10″, déplacement qu'on aurait pu observer aisément.

4° Par une disposition analogue à celle qui précède, les rayons sutuférents cheminent le long des deux surfaces d'un tableau de Franklin. On pouvait supposer que les couches d'air avoisinant les armures seraient modifiées par le voisinage de l'électricité qui les recouvrait.

Dans les essais qui suivent, c'est l'intensité de la lumière réfléchie par des surfaces électrisées qu'on a mesurée au moyen du photomètre inventé par l'auteur.

5° Deux capsules disposées comme dans l'expérience 2 sont placées l'une à côté de l'autre devant le photomètre et réfléchissent dans le photomètre un écran de papier modérément éclairé par transparence. Ces capsules sont remplies d'acide sulfurique et on met l'une en communication avec le conducteur positif d'une machine ; la plaque isolée qui se trouve au-dessus de cette première capsule est mise en communication avec la plaque isolée de la seconde et cette dernière avec le sol. De cette manière la surface liquide de l'une des capsules est positive et l'autre négative. On commence par faire disparaître au moyen du polariscope du photomètre les franges colorées, puis on observe si elles reparaissent en électrisant.

6° Cette expérience a consisté à remplacer dans l'appareil qu'on vient de décrire, l'acide par du mercure.

7° Une lame de verre recouverte dans sa partie centrale d'une armure métallique est placée horizontalement avec la surface métallique en dessous. Une seconde lame semblable, mais dont l'armure est supprimée sur un espace central de 45^{mm} de long sur 9 de large, est placée sur la première avec la surface métallique également en dessous. On obtient ainsi deux surfaces réfléchissantes dont on peut observer l'inférieure au travers de l'ouverture pratiquée dans la supérieure. On les observe avec le photomètre en leur faisant réfléchir un écran de papier et on électrise ensuite l'armure supérieure, l'inférieure communiquant avec le sol. On ne trouve aucune modification dans les pouvoirs réflecteurs, et un

changement de $^1/_{1000}$ dans le rapport pourrait être estimé par ces procédés.

PERROT. SUR LE POUVOIR DES POINTES. (*Compt. rend. de l'Acad. des Sc.*, t. LX, p. 450.)

Les expériences que je fais depuis plus de trois ans sur les actions électriques des corps conducteurs immergés dans un liquide non conducteur ont constamment manifesté les phénomènes suivants :

Si au sein de ce liquide isolé on présente un cône communiquant au sol, à une sphère en relation avec le conducteur d'une machine électrique, aussitôt qu'on électrise la machine on constate ce qui suit :

1° Le cône attire vivement le liquide environnant ;

2° Le liquide attiré s'écoule le long du cône avec une vitesse accélérée jusqu'à la pointe ;

3° A partir de cette pointe, le courant liquide se dirige, en s'élargissant, vers la sphère, avec une vitesse décroissante, jusqu'à la rencontre d'un courant liquide d'origine semblable, émanant en sens contraire de la sphère ;

4° A leur rencontre, les deux courants liquides inverses semblent se neutraliser ; ils s'arrêtent et s'écoulent latéralement. Pendant ces phénomènes, ce qu'on est convenu d'appeler le courant électrique s'établit, et la machine électrique se décharge.

Ces observations me semblent prouver que le cône et la sphère ne se déchargent l'un sur l'autre de leur électricité que par le transport des molécules conductrices du liquide, qui, à la manière des balles de moëlle de sureau entre deux corps électrisés, sont attirées par le corps le plus voisin, et se chargent à ses dépens d'une électricité qu'elles transportent vers l'autre corps électrisé différemment.

Je crois devoir ajouter que les gaz et les liquides non conducteurs me semblent devoir être composés de molécules conduc-

trices nageant à distance au sein d'un milieu non conducteur, le vide ou l'éther.

La mobilité des molécules électrisées différemment leur permettrait de transporter les unes vers les autres leurs électricités, comme dans l'expérience du cône immergé.

Dans les solides non conducteurs, tels que le verre et la gomme laque, le milieu non conducteur étant solide, aucun transport d'électricité ne pourrait avoir lieu d'une molécule conductrice électrisée à l'autre, si ce n'est lors d'une surcharge, par une explosion qui briserait le milieu solide intermédiaire.

Je reviens à l'expérience du cône immergé.

Le courant électrique ne s'établissant que lorsque les courants liquides existent, il était naturel de penser qu'en arrêtant, par un disque non conducteur, le courant liquide restreint émanant du cône, on arrêterait le courant électrique. C'est ce qu'a confirmé complétement l'expérience mentionnée dans ma dernière communication à l'Académie, expérience qui a fait voir qu'il suffit d'armer d'un disque la pointe d'un cône électrisé, pour arrêter le courant d'air qu'il a électrisé, et rendre à peu près nul le pouvoir émissif de ce cône.

Quant au pouvoir émissif particulier de la pointe du cône, j'espère prouver plus loin qu'il doit être nul.

Avant de discuter les phénomènes du cône immergé, je demande à l'Académie la permission de lui soumettre quelques considérations relatives aux illusions que peut faire naître la recherche des causes des attractions et des répulsions.

Une sphère métallique étant en contact avec une balle de moëlle de sureau suspendue librement, aussitôt qu'on les électrise, on voit la balle de sureau fuir la sphère et s'en tenir à distance.

De ce phénomène on a conclu que les corps chargés de la même électricité se repoussent.

Il me semble que cette conclusion est trop absolue, et qu'un corps peut s'éloigner spontanément d'un autre corps sans en être repoussé.

En effet, un aérostat s'éloigne du sol, et cependant il n'en est pas repoussé; au contraire, il en est attiré.

On sait que l'aérostat s'éloigne du sol, parce qu'il en est moins attiré qu'un égal volume d'air ambiant.

Voilà donc une répulsion apparente qui n'a d'autre cause que la différence de deux attractions.

On peut, par conséquent, expliquer de la même manière la répulsion de la sphère et de la balle de sureau. Il suffit d'admettre qu'il n'y a pas plus de répulsion entre ces deux corps qu'entre le sol et l'aérostat, mais que la sphère électrisée exerce une attraction plus forte sur l'air ambiant que sur la balle de sureau.

Les phénomènes d'attraction et de répulsion électriques sont encore plus complexes que ceux que présente l'ascension de l'aérostat. En effet, on sait aujourd'hui que l'état électrique d'un corps n'est pas, ainsi que le supposaient Coulomb, Laplace et Poisson, un état absolu, mais seulement relatif; qu'un corps ne manifeste aucune électricité, si un autre corps en présence ne s'électrise d'une manière égale et contraire.

La balle de sureau qui s'éloigne de la sphère qui l'a électrisée pourrait donc n'en être nullement repoussée, mais tout simplement obéir à l'attraction d'un autre corps électrisé différemment par induction. C'est ce que j'espère mettre en évidence.

En effet, à quelle force obéit le courant liquide électrisé lorsqu'il se meut le long de la surface du cône en allant vers la pointe?

Dans son célèbre mémoire de 1811, admettant, suivant l'opinion reçue, une force répulsive électrique, et l'attribuant à l'action d'une couche de fluide électrique existant à la surface de tout corps électrisé, Poisson prouve que cette force répulsive agit suivant la normale, qu'elle est inversement proportionnelle au carré de cette normale, et que son action tangentielle est nulle.

Mais l'expérience du cône montre que le courant liquide électrisé, au lieu de se mouvoir suivant la normale, où la force ré-

pulsive théorique doit être au maximum, marche dans la direction tangentielle au cône, là où cette force répulsive tangentielle théorique est nulle.

Il me semble donc logique de tirer de là les conclusions qui suivent :

1° Contrairement à la théorie admise, un corps électrisé ne repousse pas les molécules qu'il a électrisées; les corps chargés de la même électricité n'exercent les uns sur les autres aucune action répulsive.

2° Puisque le courant liquide électrisé par le cône se porte directement vers la sphère et vers le courant qui émane d'elle, il est évidemment attiré par la sphère et par son courant.

3° Les phénomènes d'attraction et de répulsion électriques peuvent s'expliquer par une seule force : *l'attraction mutuelle des corps électrisés différemment.*

Deleuil, Machine pneumatique construite sur un nouveau principe. (*Compt. rend. de la l'Acad. des Sc.*, t. LX, p. 571.)

Ma machine est surtout industrielle, puisqu'elle n'a pour but que d'atteindre un vide qui puisse arriver, dans tous les cas, à 18 millimètres de mercure, dans un temps relativement court, par rapport aux capacités sur lesquelles on opère, et à 8 millimètres de vide dans les capacités ordinaires de laboratoire. Le principe qui m'a guidé a beaucoup de rapport avec celui qui a guidé M. Isoar, il y a dix ou douze ans, dans sa machine à vapeur surchauffée, qui consistait à employer de la vapeur à de fortes pressions, agissant sur des pistons à petite section allant à grande vitesse et ne frottant pas sur les parois du cylindre. J'ai donc pensé que si, pour faire le vide, je faisais mouvoir un piston métallique dans un cylindre, parfaitement rodé, ne laissant entre lui et le piston qu'une épaisseur d'une feuille de papier à lettre, le fluide ne pourrait passer d'un côté à l'autre du cylindre à la condition que le piston ait une longueur égale au

moins à deux fois son diamètre et qu'il soit garni de rainures distancées de 8 à 10 millimètres. L'expérience prouve en effet qu'un piston tel permet d'arriver, sans même lui donner de vitesse, à un vide variant de 8 à 18 millimètres selon les capacités. Le fluide sert lui-même de garniture au piston. Je détruis du même coup la résistance due au frottement des pistons dans les corps de pompe, l'engorgement des soupapes par la suppression des huiles que l'on emploie pour lubrifier les corps de pompe, ainsi que l'usure du cylindre.

Cette machine est à double effet, et peut facilement servir de pompe de compression jusque dans la limite de 2 atmosphères, comme elle peut puiser un gaz dans un réservoir pour le comprimer dans un autre, sans qu'il y ait perte sensible de ce gaz. C'est donc, je crois, un appareil essentiellement pratique.

R. Félici. Cenni di alcune.... Relation de quelques expériences électriques (*Nuovo Cimento*, t. XIX p. 345).

L'auteur rapporte une expérience qu'il a faite à plusieurs reprises à l'aide d'une petite balance de torsion dont il donne une description détaillée. Cet appareil ne portait qu'une seule aiguille suspendue au fil; une des glaces qui forment la cage de la balance avait été remplacée par une toile cirée, pour qu'il fût possible d'étudier l'action sur l'aiguille d'un corps électrisé placé à l'extérieur; en effet, comme on le sait, les glaces sont hygroscopiques et peuvent être considérées comme revêtues d'un vernis conducteur non isolé qui forme un écran arrêtant l'action électrique. Devant cette toile était disposé un bâton de gomme laque horizontal porté par un axe vertical et auquel on pouvait donner un mouvement de rotation rapide. Les extrémités de ce bâton décrivaient donc une circonférence et l'on arrangeait l'appareil de manière que le centre de la circonférence fût sur le prolongement de l'aiguille de la balance, dont le plan d'oscillation coïncidait par conséquent avec le plan de rota-

tion du bâton de gomme laque. De plus, on avait tendu un ruban de laine que les extrémités du bâton venaient frotter dans leur mouvement; le ruban était placé le plus loin possible de la balance et il électrisait les extrémités du bâton.

Dans ces conditions, en donnant un mouvement de rotation rapide, il semble que l'on devrait obtenir le même effet que si l'on avait un anneau uniformément électrisé, et que l'aiguille ne devrait pas être influencée parce que la résultante des forces doit passer par la ligne d'équilibre. On a reconnu au contraire que dans ces conditions *l'aiguille déviait toujours dans le sens même du mouvement de l'extrémité du bâton qui se mouvait en face d'elle.*

M. Félici ne voit pas quelle explication on peut donner de ce mouvement, car il montre qu'il ne peut tenir ni à l'agitation de l'air, ni à un défaut de centrage des appareils, ni à une action qui ne se produirait qu'au commencement de l'expérience, ni à une déperdition de l'électricité dont le bâton est chargé, ni à un transport d'électricité sur la toile cirée par le courant d'air.

CHIMIE.

PISANI. SÉPARATION DE L'ACIDE TITANIQUE ET DE LA ZIRCONE. (*Comp. rend. Acad. des sciences*, t. 59, p. 298).

La séparation de l'acide titanique et de la zircone est entourée de difficultés telles que tous les chimistes qui l'ont entreprise y ont échoué, ou du moins ont obtenu des résultats d'une exactitude problématique ; il y a cependant un grand intérêt à ce qu'on puisse l'effectuer d'une manière certaine à cause du nombre assez grand d'espèces minérales dans lesquelles ces deux corps existent ensemble.

M. Pisani vient de faire connaître un procédé à la fois ingénieux et commode qui permettra désormais de déterminer avec sécurité les quantités relatives d'acide titanique et de zircone dans un mélange. Ce procédé est fondé sur le pouvoir éminem-

ment réducteur du sesqui-oxyde de titane et sur la facilité avec laquelle ce dernier repasse à l'état d'acide titanique sous l'influence des corps oxydants et, en particulier, du permanganate de potasse. Voici la manière d'opérer : on fait dissoudre un poids donné du mélange dans l'acide chlorhydrique en excès, et l'on réduit la liqueur, préalablement ramenée à un petit volume, par le zinc métallique ; l'opération a lieu à chaud dans une fiole munie d'un bouchon avec un tube effilé de manière à empêcher l'accès de l'air. Lorsque la teinte de la liqueur n'augmente plus d'intensité, on laisse refroidir complétement pour étendre ensuite d'eau froide récemment bouillie. Après cela il faut décanter sans entraîner le zinc, laver le flacon une ou deux fois, puis verser rapidement la solution titrée de permanganate de potasse. La zircone est obtenue par différence.

L'auteur indique en outre des moyens de dosage volumétrique du fer et de l'acide titanique, du fer, de la zircone et de l'acide titanique ; comme ils ne constituent qu'une modification du procédé ci-dessus, nous renverrons au mémoire original les chimistes désireux de les connaître.

M. Pisani reconnaît directement la présence de la zircone lorsqu'elle renferme de l'acide titanique, de la manière suivante : le mélange est dissous et réduit comme on l'a vu plus haut (mais il ne faut pas l'étendre ni y maintenir un excès trop grand d'acide chlorhydrique) pour être ensuite précipité par un excès de sulfate de potasse qui entraîne la zircone avec une trace d'acide titanique. Le sulfate double est ensuite séparé par le filtre, lavé avec du sulfate de potasse et la terre en est ensuite retirée par l'un des moyens connus ; on la reconnaît aisément à la coloration orangée qu'elle donne au papier de curcuma ; toutefois on ne peut pas arriver ainsi à un dosage quantitatif.

Les expérimentateurs qui ont eu l'occasion d'analyser des molybdates, et en particulier ceux d'ammoniaque, savent la difficulté qu'il y a à déterminer d'une manière exacte et rapide l'acide molybdique ; d'après M. Pisani, la méthode de réduction

par le zinc et d'évaluation au moyen du permanganate de potasse conduirait facilement à ce résultat. M. D.

H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE. DISSOCIATION DE L'OXYDE DE CARBONE, DES ACIDES CHLORHYDRIQUE, SULFUREUX ET CARBONIQUE; DÉCOMPOSITION DE L'AMMONIAQUE. (*Compt. rend. Ac. des Sc.*, t. LX, p. 317).

L'auteur avait déjà effectué la dissociation (décomposition partielle) de l'oxyde de carbone au moyen d'un appareil qui se compose d'un tube de porcelaine qu'on peut chauffer à la température la plus élevée et qui est traversé dans toute sa longueur par un tube métallique étroit, maintenu à la température ordinaire au moyen d'un courant d'eau. L'anneau cylindrique dans lequel circule le gaz mis en expérience se trouve ainsi composé de deux parois dont les températures peuvent différer de 1500°.

1° *Acide sulfureux.* A 1200° l'acide sulfureux subit une décomposition partielle en soufre et acide sulfurique anhydre; le premier se combine avec le métal du tube froid et le second se dépose à la surface de celui-ci.

2° *L'acide chlorhydrique* se dissout très-faiblement à 1500° en chlore que l'on peut obtenir en combinaison avec du mercure à la surface du tube froid recouvert d'argent amalgamé, et en hydrogène qui se retrouve parmi l'acide non décomposé. Les quantités de chlore et d'hydrogène ainsi produites sont très-petites, quoique bien appréciables.

3° *L'oxyde de carbone.* Les premières expériences de M. Deville ont fait voir que l'oxyde de carbone peut se dissocier en carbone et acide carbonique. Il en résulte que l'oxyde de carbone peut se transformer partiellement en acide carbonique même en présence du charbon. En effet, si l'on fait traverser un tube de verre chauffé contenant du noir de fumée purifié, par un courant d'oxyde de carbone, on constate que le gaz sortant a acquis la propriété de précipiter l'eau de baryte et que le noir de fumée

a acquis une augmentation de poids équivalente à l'acide carbonique formé.

4° *L'acide carbonique* a une tension de dissociation assez forte. Les produits obtenus sont de l'oxygène et de l'oxyde de carbone.

L'auteur a comparé l'action de l'étincelle électrique avec celle de ses tubes froid et chaud, et il a reconnu l'analogie la plus frappante dans les résultats et dans le mode d'action. M. D.

Dr SCHWARTZENBACH. UEBER DAS VERHÆLTNISS.... SUR LES RELATIONS DE L'ALBUMINE AVEC LA CASÉINE.[1] (*Ann. der Chemie und Pharmacie*, février 1865, p. 183.)

M. Schwartzenbach qui s'était déjà servi des composés que plusieurs substances organiques forment avec le platino-cyanure de potassium pour déterminer l'équivalent de celles-ci, vient d'étudier comparativement, à ce point de vue, l'albumine et la caséine. En combinant ces deux matières protéiques avec le cyanure potassico-platinique, brûlant le produit lavé et dosant le platine résidu unique de la combustion, l'auteur a reconnu que l'on doit attribuer à l'albumine un équivalent (1612), et par conséquent, une formule double de celui de la caséine (806), et il en conclut que lors de la sécrétion de la caséine, il se produit un simple dédoublement de la molécule d'albumine. MM. Millon et Commaille viennent aussi de publier un travail sur la caséine; nous y reviendrons dans un prochain numéro de ce journal et à cette occasion nous dirons encore quelques mots des recherches de M. Schwartzenbach. M. D.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

A. DE QUATREFAGES. NOTE SUR LA CLASSIFICATION DES ANNÉLIDES. (*Compt. rend. de l'Acad. des Sc. de Paris*, 27 mars 1865).

Après une série de recherches anatomiques variées sur de nombreux types de la classe des Annélides, M. de Quatrefages s'est

[1] Ce travail a été communiqué à la Société helvétique des Sciences naturelles à Zurich. Voyez *Archives*, 1864, t. XXI, p. 144.

trouvé mieux placé qu'aucun autre, peut-être, pour tenter un remaniement de la classification de ces vers. Le dernier travail systématique sur cette classe, celui de M. Grube, date de 1851 et des recherches nombreuses sont venues depuis lors enrichir nos connaissances relatives à ce groupe. L'ouvrage du savant français remplira donc une lacune sensible dans nos bibliothèques zoologiques. Pour le moment nous ne possédons qu'un aperçu insuffisant de cette œuvre improtante. Le livre est à l'impression et son auteur fait connaître par avance le tableau des ordres, des familles et des genres adoptés par lui, afin de provoquer de la part de ses confrères, comme il le dit lui-même, quelques observations qu'il puisse mettre à profit.

Cette espèce d'appel au public nous autorise à présenter, sans justification préalable, quelques remarques sur la classification de M. de Quatrefages, même avant la publication de l'ouvrage annoncé. Cette publication mettra sans doute à néant quelques-unes de nos critiques. D'autres subsisteront peut-être, ou même trouveront grâce devant l'illustre académicien.

L'auteur continue, comme il l'a fait dès 1859, d'éliminer de la classe des Annélides, les Hirudinées, les Géphyriens et les Oligochètes (Erythrèmes Quatrefages). Cette élimination faite au moment où d'autres auteurs s'efforcent au contraire de faire rentrer parmi les Annélides les Géphyriens qui en avaient été si longtemps exclus, paraît justifiable pour une partie tout au moins de ces groupes d'animaux, mais saurait difficilement s'étendre jusqu'aux Oligochètes. Ces vers sont certainement des Annélides pur sang, et s'éloignent bien moins de la plupart des familles laissées dans cette classe par M. Quatrefages que les *Phoronis* Wright (*Crepina* Ben.), par exemple, et pourtant l'auteur assigne à cette forme singulière une place dans la famille des Serpulacés.

La raison qui fait exclure les Oligochètes (Erythrèmes) de la classe des Annélides par M. de Quatrefages est d'ailleurs d'un poids léger dans la balance. Ce savant distingue dans l'embran-

chement des vers deux séries de classes, l'une dioïque, l'autre monoïque. Les classes monoïques sont les Oligochètes, les Bdelles, les Turbellariées, les Cestoïdes ; les classes dioïques sont les Annélides, les Rotateurs, les Géphyriens, les Malacobdelles, les Miocœlés, les Nématodes. Or, le caractère de l'androgynie ou de la séparation des sexes est un caractère secondaire qui ne peut servir à la distinction des classes. Plusieurs genres de Serpulacés renferment des espèces monoïques et M. de Quatrefages ne leur en assigne pas moins une place parmi ses Annélides dioïques. Il n'exclut pas davantage les Nématodes hermaphrodites de sa classe dioïque des Nématodes, pas plus que la Planaire dioïque de sa classe monoïque des Turbellariés, ni que certains cestoïdes dioïques de sa classe monoïque des Cestodes. A chaque pas dans les autres divisions du règne animal nous rencontrons la monœcie et la diœcie côte à côte dans la même classe, la même famille, quelquefois le même genre. Nous n'hésitons donc pas à penser que M. de Quatrefages accorde trop d'importance au caractère de la distribution des sexes dans sa répartition des vers en classes. Les Oligochètes sont, leur monœcie mise à part des Annélides sous tous les rapports et ils resteront dans cette classe malgré cette monœcie. D'autre part, les Branchiobdelles sont, à tant de points de vue, identiques avec les Oligochètes que la réintégnation de toute la série des Bdelles, c'est-à-dire des Hirudinées, dans la classe des Annélides semble devenir un désidératum de la science.

Après avoir restreint la classe des Annélides au groupe des Annélides polychètes de M. Grube, M. de Quatrefages le subdivise comme M. Audouin et M. Milne Edwards en deux ordres : celui des Annélides errantes et celui des Annéliees sédentaires. Ces deux ordres sont dans leurs grands traits très-naturels, car, sous des noms différents, ils ont été admis par tous les auteurs. Seulement la manière dont M. de Quatrefages les caractérise soulèvera des critiques parce qu'elle le conduit à quelques conséquences évidemment forcées. C'est ainsi qu'il classe la famille des Nériniens

parmi les Annélides errantes et la famille des Leucodoriens parmi les Annélides sédentaires. Or ces deux familles renferment des vers si proches parents les uns des autres qu'ils forment évidemment une seule famille naturelle. Cela est si vrai, que cette famille a déjà été établie par M. Sars qui l'a caractérisée avec beaucoup de soins, sous le nom de famille des Spiodiens. Le célèbre Norwégien, dans l'établissement de cette famille, a certainement donné une nouvelle preuve de la justesse si souvent éprouvée de son coup d'œil zoologique. D'une manière générale, c'est à lui que nous devons les meilleurs travaux récents sur la classification des Annélides, travaux dont M. de Quatrefages tiendra plus de compte, nous l'espérons, dans son ouvrage, qu'on ne pourrait le supposer par la note que nous avons sous les yeux. La meilleure preuve que la distinction des deux familles des Nériniens et des Leucodoriens repose sur une base artificielle, c'est que l'auteur place le genre Nérine dans l'une et le genre Spio dans l'autre ou au moins dans un appendice de l'autre. Or ces deux genres, comme M. Sars l'a montré, sont identiques. Que M. de Quatrefages eût de bonnes raisons pour opérer un triage dans la famille des Ariciens où M. Grube plaçait soit les Leucodores soit les Nérines, c'est ce que peu de personnes contesteront d'une manière absolue. Mais ce triage a déjà été fait d'une manière très-judicieuse. La véritable distinction à faire est celle entre les Ariciens et les Leucodoriens ou Spiodiens, mais alors il faut faire rentrer dans cette dernière famille les genres Spio, Pygospio, Nérine et les autres Nériniens de M. de Quatrefages, y compris le genre Aonis, qui, pour le dire en passant, paraît avec raison devoir être considéré comme ne reposant que sur des Nérines à antennes arrachées[1].

La place assignée aux Tomoptéridiens parmi les Annélides sédentaires paraît aussi propre à soulever quelques objections. Le nom s'applique dans tous les cas mal aux Tomopteris qui, avec

[1] Quant au genre Polydore de Bosc, admis par M. de Quatrefages, il est synonyme du genre Leucodore.

les Amphinomiens, sont au point de vue du genre de vie les Annélides errantes par excellence. Toutefois, les Tomoptéridiens forment un type dégradé si anormal, qu'ils cadrent mal avec chacun des ordres d'Annélides, tout en restant des Annélides incontestables.

Sauf les restrictions que nous venons d'indiquer, la répartition des Annélides en 26 familles, proposée par M. de Quatrefages, conduit à des groupes naturels; cependant il existe un grand nombre de genres, souvent assez bien connus, que l'auteur n'a su faire rentrer dans aucune des cases de sa classification. Il les énumère dans des appendices aux familles avec lesquelles ces genres lui semblent avoir le plus d'affinité, sous le nom de «genres *incertæ sedis.* » Le nombre de ces genres à position incertaine est considérable, car il s'en trouve 64 sur un nombre total de 245. Évidemment M. de Quatrefages mérite des éloges pour la prudence avec laquelle il a procédé, préférant garder protocole ouvert dans tous les cas d'incertitude, plutôt que d'assigner, comme on le fait en général, une position arbitraire à des genres anormaux. Il est cependant des cas nombreux où l'incertitude de l'auteur semble résulter d'une connaissance insuffisante des animaux en question.

Citons-en quelques exemples. Le genre *Zygolobus* de Grube, sur la position duquel l'auteur est incertain, est un Lombrinérien aussi typique que possible, dans le sens que M. de Quatrefages donne à cette famille[1]. Les *Spio* sont sans aucun doute des Leucodoriens, les Magelona (placés sans doute par erreur à la suite des Ariciens) sont également des Leucodoriens, les Polycirrus sont des Térébelliens dégradés, probablement identiques avec le genre Apneumée de M. de Quatrefages, les *Halimede* Rathke sont de véritables Hésioniens, génériquement identiques avec les *Psamathe* Johnst. que l'auteur place sans hésiter dans cette famille, etc., etc.

[1] Pour le dire en passant, nous doutons que la séparation de la famille des Euniciens telle qu'elle a été comprise jusqu'ici en deux familles distinctes, d'après la présence (Euniciens) ou l'absence (Lombrinériens) de branchies, soit toujours applicable dans la pratique.

Quelquefois on croit remarquer dans le tableau de M. de Quatrefages des erreurs de synonymie combinées avec des rapprochements surprenants. C'est ainsi que l'auteur place les *Spinther* Johnst. comme un genre *incertæ sedis* à la suite des Chlorémiens et les *Cryptonotus* Stimps., également *incertæ sedis* à la suite des Amphinomiens. Or ces deux genres sont synonymes l'un de l'autre et synonymes en outre du genre *Oniscosoma* Sars, que l'auteur a eu raison de laisser en dehors de sa nomenclature. En outre, les recherches de M. Stimpson et surtout celles très-circonstanciées de M. Sars nous ont enseigné que les Spinthers sont très-proches parents des Euphrosynes et rentrent par conséquent dans la famille des Amphinomiens.

M. de Quatrefages place le genre *Eumenia* Œrst. à la suite (*incertæ sedis*) des Phyllodociens. Il est cependant à peine permis de douter, surtout depuis les recherches de M. Sars, que ce genre ait sa place naturelle dans la famille des Arénicoliens. En revanche, M. de Quatrefages laisse le genre Dasybranche dans la famille des Arénicoliens, où M. Grube l'avait placé dans le principe, tandis qu'il énumère les genres *Capitella* Blainv. et *Notomastus* Sars parmi les genres *incertæ sedis* à la suite des Clyméniens. Or, la faveur avec laquelle la famille des Capitellacés, formée à une époque plus récente par M. Grube (pour les genres Capitelle, Notomaste et Dasybranche), a été généralement accueillie, témoigne suffisamment qu'on ne peut rejeter cette famille sans de fortes raisons. Nous croyons qu'il existe peu de familles parmi les Annélides aussi naturelle que la famille des Capitellacés. Les caractères très-exceptionnels des soies subulées, qui sont très-différentes (pour toutes les rangées) dans la région antérieure et dans les segments suivants, joints à une disparition aussi complète des vaisseaux que chez les Glycères et à l'apparition de globules sanguins colorés dans la cavité périviscérale, suffisent déjà pour rendre évidente la parenté de ces trois genres. Les affinités réciproques de ces trois genres se manifestent, du reste, sur une foule d'autres points. Lorsque M. de Quatrefages éloigne les Dasybranches aux

branchies ventrales des Capitelles et des Notomastes abranches pour les rapprocher des Arénicoles aux branchies dorsales, il accorde, semble-t-il, à l'*existence* des branchies une importance exagérée. On pourrait lui rappeler qu'il a rencontré lui-même dans le genre Glycère des espèces abranches et des espèces munies de branchies. D'ailleurs des branchies dorsales, dans lesquelles circulent des vaisseaux (Arénicoles), ne sauraient être les homologues de branchies ventrales dépourvues de vaisseaux (Dasybranches).

L'une des familles, à l'étude desquelles M. de Quatrefages a certainement consacré le plus de soin, est la famille des Syllidiens. Qui n'a présentes à l'esprit ses belles recherches sur la reproduction de ces animaux? Aussi le nombre des genres nouveaux établis dans cette famille est-il considérable. Nous remarquerons cependant que les caractères utilisés par l'auteur ne sont pas toujours très-sûrs, comme le nombre des taches oculaires, souvent variable chez une même espèce. D'autres caractères sont, au contraire, excellents; ainsi M. de Quatrefages groupe avec raison les genres selon que leur gésier est armé ou inerme. Mais, chose curieuse, l'application ne semble pas toujours conforme au principe. C'est ainsi que plusieurs genres (*Syllis, Exogone, Autolytus, Sphærosyllis*), énumérés à côté de genres à gésier réellement inerme (Tetraglènes), comme munis d'un gésier inerme, ont en réalité le gésier armé. L'un d'entre eux même (Autolytus) offre peut-être l'armure la plus formidable qu'on rencontre chez les Syllidiens. Le genre *Heterosyllis* est énuméré deux fois, d'abord parmi les Syllidiens à gésier armé, puis parmi les Syllidiens à gésier inerme. Sans doute il faut ici soupçonner un *lapsus calami*, qui a fait inscrire dans l'un des cas le nom d'Heterosyllis à la place d'un autre.

Mais le plus grand reproche qu'on puisse faire à la classification des Syllidiens par M. de Quatrefages, c'est d'admettre un certain nombre de genres qui, dans l'état actuel de la science, doivent être indubitablement rayés. On sait, en effet, et M. de Quatre-

fages a été l'un des premiers à le montrer, que certains Syllidés ont une génération alternante, c'est-à-dire présentent une alternance régulière de générations sexuées et de générations asexuées. Les générations asexuées paraissent avoir toujours un gésier armé[1] et les générations sexuées un gésier inerme ou plutôt, pour parler plus exactement, ces dernières n'ont pas de gésier.

Il en est résulté que pendant longtemps on a rapporté les générations sexuées à d'autres genres que les générations asexuées. Dans la liste des genres admis par M. de Quatrefages nous remarquons les genres *Tetraglene*, *Ioida*, *Polybostrichus*, *Sacconereis* et *Diplocerœa* (peut-être aussi *Macrochœta* et *Polynice*) qui sont formés par des générations sexuées; les autres (ceux du moins qui nous sont connus) représentent des générations asexuées. L'admission de tous ces genres entraîne pour conséquence qu'une même espèce pourra être citée sous trois noms différents. Ainsi la forme asexuée de telle espèce appartiendra au genre Autolytus, la forme sexuée mâle au genre Polybostrichus et sa forme sexuée femelle au genre Sacconereis. Au besoin on pourrait assigner à cette espèce une quatrième place, puisque le genre *Diplocerœa* Grube paraît être synonyme du genre *Polybostrichus* Œrst. Enfin, cet inconvénient est poussé à l'extrême lorsque M. de Quatrefages place dans la famille des Hésioniens les *Pseudosyllis* Grube, vers asexués dont la forme sexuée, le genre *Tetraglene* Grube, est placée par lui dans la famille des Syllidiens.

Si M. de Quatrefages a introduit dans son tableau un assez

[1] Nous empruntons ici la terminologie de M. de Quatrefages. Chez beaucoup d'auteurs le nom de gésier a un sens tout différent. Il s'applique alors non pas à la partie antérieure du tube digestif armée de dents, mais au ventricule glanduleux qui suit. Peut-être d'ailleurs les inconséquences dans l'application du principe que nous avons signalé plus haut proviennent-elles de ce que M. de Quatrefages considère comme inermes tous les gésiers qui n'ont pas une paire de mâchoires proprement dites. Il ne tiendrait aucun compte dans ce cas de la formidable armure de dents que présentent certains genres et qui fournit d'excellents caractères de classification.

grand nombre de genres nouveaux que nous ne connaîtrons bien qu'à la publication de l'ouvrage même, il en a laissé de côté un grand nombre d'autres. Dans la plus grande partie des cas il a eu, sans doute, entièrement raison. Il nous a semblé avoir éliminé systématiquement presque tous les noms de M. Kinberg. Les genres *Aphrogenia*, *Halosydna*, *Antinoe*, *Harmothoe*, *Hermadion*, pas plus que les genres *Eupompe*, *Panthalis*, *Leanira* ne figurent dans la famille des Aphrodisiens. Les genres ajoutés par M. Kinberg à la famille des Amphinomiens, tels que les *Lirione*, *Hermodice*, *Eurythoe*, sont également éliminés. Nous le répétons, M. de Quatrefages a sans doute eu raison dans le plus grand nombre des cas en réunissant ces genres à d'autres, et il aurait même pu, selon nous, dans quelques cas, simplifier encore davantage sa classification, réunir, par exemple, les Polynoés et les Lepidonotus qui passent insensiblement les uns aux autres. Cependant la suppression de certains genres nous a surpris. Ainsi parmi les genres que nous venons d'énumérer, les *Eurythoe* semblent avoir plus de droits à l'existence que les autres. Les *Dasychone* Sars, parmi les Serpuliens, et les *Ophiodromus* Sars, parmi les Phyllodociens, paraissent aussi être de bons genres. Il en est peut-être de même des *Phyllochœlopterus* Grube. Aucun genre de Syllidiens ne semble aussi clairement caractérisé que celui des Pterosyllis qui n'est pas même mentionné. Les *Thysanoplea* Schm. et les *Drilidium* Fr. Müll., ne sont nommés nulle part, mais il est vrai de dire que M. de Quatrefages ne les comprend peut-être pas dans la classe des Annélides dont il restreint les limites autant que possible. Toutes ces lacunes ne sont, sans doute, qu'apparentes et trouveront leur explication dans la publication de l'ouvrage définitif. Il est possible, en effet, que certains noms dont l'absence nous frappe aient été éliminés par des raisons suffisantes et soient remplacés par l'une ou l'autre des nombreuses dénominations nouvelles que nous voyons figurer dans le tableau.

L'ouvrage de M. de Quatrefages ne sera pas restreint aux An-

nélides dans le sens que l'auteur donne à ce mot. Il comprendra en outre une révision des Géphyriens. Une chose nous a particulièrement frappé dans la partie du tableau concernant ces vers. L'auteur ne distingue dans la famille des Siponculiens que deux genres, celui des Siponcles, à cirrés buccaux simples et celui des Dendrostomes, à cirrés ramifiés ou pinnés. Il semble donc que l'auteur, rejetant le nom générique de *Phascolosoma* Leuckart, le remplace par celui de Siponcle et qu'il réunit au genre *Dendrostomum* Grube tous les Siponcles de la zoologie actuelle. Nous comprenons difficilement par quels arguments cette révolution peut se justifier. L'ouvrage définitif fournira, nous l'espérons, des raisons suffisantes à l'appui.

C'est le cas de dire que la critique est aisée, mais que l'art est difficile. Toutefois, nous nous reprochons d'autant moins nos critiques que M. de Quatrefages a désiré en provoquer de côtés divers. La classification est un vrai rocher de Sisyphe. Toujours ses imperfections nous écrasent et nous ne réussissons à les écarter que pour les voir renaître sous une autre forme. Si la classification proposée par M. de Quatrefages prête le flanc à de nombreuses critiques, il faut reconnaître combien il serait difficile de réussir mieux. Nul n'a consacré autant de loisir et de travail à l'étude des Annélides, nul n'en a vu passer un plus grand nombre sous ses yeux ; nul, par conséquent, n'est en mesure de mieux dominer l'ensemble des matériaux accumulés de tous côtés pour la construction de l'édifice taxonomique dont M. de Quatrefages a entrepris l'exécution. Il faut quelque peu d'audace pour reviser dans son ensemble la classification des Annélides, de ces vers dont les affinités multiples conduisent forcément des esprits divers à des conclusions diverses aussi. Mais M. de Quatrefages a certes bien conquis le droit d'oser. « Quand les rois construisent, les charretiers trouvent de l'ouvrage, » dit un proverbe étranger. Lorsqu'un prince de la science édifie, pourra dire M. de Quatrefages, c'est bien le cas pour les manœuvres de mettre en mouvement le chariot de la critique.

Dr W.-H. Marcet. Chemical examination, etc. Examen chimique du liquide contenu dans la cavité périviscérale des vers nématodes (*Proceedings of the Royal Society.* London, Febr. 9. 1865.)

M. le Dr Marcet a pris pour thème de ses recherches la plus grosse ascaride qu'on puisse se procurer avec facilité, l'ascaride du cheval. Il a trouvé le liquide périviscéral légèrement acide, fort riche en principes albuminoïdes, puisqu'il se transforme en un coagulum solide à une température voisine de l'ébullition. Une quantité de ce liquide égale à dix centimètres cubes fut soumise à l'analyse par le dialyseur et se sépara en un liquide colloïde et un liquide cristalloïde. L'évaporation à siccité montra que la totalité des parties solides s'élevait à 82,7 pour $^{0}/_{00}$ dont environ $^{2}/_{3}$ de substances colloïdes et $^{1}/_{3}$ de substances cristalloïdes. Ces chiffres n'ont qu'une valeur approximative, la séparation des deux catégories de substances par le dialyseur n'étant jamais absolument exacte. Cependant l'incinération des matières colloïdes desséchées ne donna que 1,9 $^{0}/_{0}$ de cendres, preuve que la presque totalité des substances inorganiques avait bien passé dans le dialyseur.

Le résidu cristalloïde était formé presque entièrement d'acide phosphorique et de potasse. L'absence à peu près totale de sulfates, de chlorures, et de chaux est digne d'être relevée. L'acide phosphorique et la potasse étaient combinés en majeure partie de manière à former un phosphate bibasique. Le phosphate tribasique ordinaire était en revanche peu abondant.

M. Marcet conclut que la composition chimique du liquide périviscéral des ascarides est très-voisine de celle du jus de viande et que les phénomènes intimes de l'assimilation doivent se ressembler beaucoup chez les vertébrés et les invertébrés.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le Prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE MARS 1865.

Le 4, belle couronne lunaire de 11 h. à minuit.

5, faible halo solaire à plusieurs reprises dans la matinée.

6, de 11 h. à 3 h. 30 m. halo solaire, le plus souvent faible et partiel : dans la soirée, à plusieurs reprises, halo lunaire et couronne lunaire.

8 et le 9, giboulées de neige à plusieurs reprises dans la journée : le 9, dans la soirée, couronne lunaire.

11. Il a neigé de 8 h. à 2 h., et de nouveau dans la soirée ; à midi, la hauteur de la neige était de 35^{mm}, mais elle a fondu depuis ce moment et a disparu au bout de peu de temps.

14 halo lunaire dans la soirée.

17, gelée blanche.

19, Id.

20, il est tombé pendant presque toute la journée une neige très-peu abondante par une forte bise, d'où résulte que la petite quantité recueillie dans l'ombromètre est peut-être un peu trop faible. Il a été impossible de mesurer la hauteur de la neige tombée, qui était balayée dans quelques endroits et accumulée dans d'autres.

23, halo solaire partiel de 8 h. 30 m. à 11 h. 15 m.

24 et le 25, giboulées de neige à plusieurs reprises dans la journée ; la quantité de neige tombée était trop faible pour être mesurée.

30, giboulées de neige dans l'après-midi et dans la soirée ; quantité trop faible pour être mesurée.

31, neige pendant une grande partie de la journée : elle fond presque au fur et à mesure, en sorte que le sol est à peine blanchi.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 4, à 8 h matin...	735,35	Le 1, à 6 h. matin...	721.81
7, à 8 h. soir....	717,50	6, à 3 h. soir.....	712,33
10, à 10 h. soir. ...	723,30	8, à 8 h. matin ...	711,78
12, à 10 h. soir.....	722,51	11, à 2 h. soir.....	714.35
18, à midi..........	725,68	14, à 2 h. soir.....	715,97
21, à 10 h. matin ...	722,90	20, à 6 h. matin....	713,98
25, à 8 h, soir.....	725,38	22, à 2 h. soir......	716,43
31, à 10 h. soir.....	730,42	26, à 10 h. soir......	716,09

GENEVE. — MARS 1865.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minimum.	Fract. de saturation. Maximum.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à midi
	millim.	millim.	°	°	°	°	mm	mm					mm.				°		pouces
1	722,60	— 3,20	+ 4,81	+ 2,13	+ 2,2	+ 7,9	4,90	+0,60	789	+ 5	500	910	6,5	7	SSO. 2	1,00	4,8	— 0,5	39,7
2	725,67	— 0,07	+ 5,02	+ 2,23	+ 3,0	+ 8,0	4,83	+0,52	769	— 13	570	870	3,5	6	SSO. 2	1,00	4,8	— 0,5	40,0
3	732,46	+ 6,77	+ 2,65	— 0,25	+ 0,4	+ 6,5	3,71	—0,60	687	— 93	530	930	7,0	8	NO. 1	0,92	4,7	— 0,7	39,8
4	733,95	+ 8,32	+ 0,59	— 2,43	— 3,4	+ 4,7	3,20	—1,12	706	— 71	440	960	.	..	N. 2	0,16	4,8	— 0,6	39,8
5	722,51	— 3,04	+ 2,48	— 0,65	— 2,5	+ 6,6	3,82	—0,51	721	— 54	360	970	0,5	1	SSO. 2	0,91	...	....	39,7
6	714,69	—10,83	+ 4,62	+ 1,38	+ 0,9	+ 9,7	4,25	—0,09	690	— 82	440	830	...	..	SSO. 1	0,76	4,9	— 0,6	39,5
7	715,48	— 9,99	+ 2,13	— 0,93	+ 1,0	+ 5,0	4,49	+0,14	843	+ 79	610	1000	2,9	4	variable	1,00	4,8	— 0,8	39,5
8	712,57	—12,74	+ 1,16	— 2,32	0,0	+ 5,0	4,21	—0,15	869	+102	620	960	0,9	1	variable	0,93	4,8	— 0,8	39,5
9	719,06	— 6,30	+ 1,32	— 2,27	— 0,4	+ 4,2	3,75	—0,62	767	+ 3	550	910	...	..	N. 1	0,62	4,8	— 0,9	39,7
10	722,23	— 3,07	+ 2,00	— 1,71	— 1,5	+ 4,6	3,16	—0,92	675	— 87	490	850	...	..	NNE. 2	0,72	4,7	— 1,0	39,8
11	715,34	— 9,91	— 0,16	— 3,93	1,2	+ 1,9	4,37	—0,02	971	+211	880	1000	2,7	8	N. 1	0,92	4,8	— 1,0	39,8
12	719,44	— 5,76	+ 1,77	— 2,18	0,0	+ 1,6	3,57	—0,81	711	— 16	560	830	..	.	NNE. 2	0,82	..	.....	39,5
13	721,51	— 3,64	+ 1,92	— 2,15	+ 1,2	+ 3,7	3,61	—0,78	718	— 37	590	820	..	..	NNE. 1	1,00	4,7	— 1,2	39,0
14	716,53	— 8,57	+ 2,65	— 1,51	0,0	+ 5,7	3,96	—0,48	729	— 21	620	800	...	..	NNE. 2	0,69	4,7	— 1,2	39,0
15	721,67	— 3,38	+ 3,26	— 1,05	— 1,0	+ 6,6	4,06	—0,39	710	— 41	510	840	...	..	N. 1	0,67	5,2	— 0,8	38,7
16	723,47	— 1,53	+ 1,71	— 2,73	0,0	+ 4,0	3,35	—1,12	679	— 70	470	910	.	.	NNE. 1	0,88	5,1	— 1,0	38,3
17	723,55	— 1,40	+ 0,22	— 4,35	5,0	+ 4,6	3,45	—1,01	757	+ 10	430	1000	...	.	N. 1	0,49	5,0	— 1,1	38,0
18	724,93	+ 0,03	+ 2,93	1,77	— 0,1	+10,0	3,57	—0,91	659	— 86	440	800	...	..	N. 1	0,29	5,1	— 0,8	37,5
19	719,08	— 5,77	+ 2,39	— 2,13	2,8	+ 6,5	3,70	—0,83	692	— 51	540	900	..	..	NNE. 2	0,83	...	.....	37,5
20	716,43	— 8,38	— 3,17	— 8,11	— 1,4	+ 2,0	3,38	—1,17	955	+214	890	970	0,8	18	NNE. 2	1,00	4,8	— 1,5	37,2
21	722,06	— 2,71	— 2,36	— 7,13	— 5,0	+ 0,7	3,35	—1,22	879	+140	780	990	...	..	NNE. 1	0,47	4,9	— 1,5	36,8
22	716,97	— 7,76	+ 0,45	— 4,75	— 2,7	+ 4,7	4,19	—0,41	893	+156	610	1000	0,6	3	variable	1,00	5,0	— 1,4	36,0
23	717,13	— 7,56	— 1,19	— 6,52	— 2,2	+ 1,3	3,58	—1,04	873	+138	790	960	..	.	NNE. 3	0,86	4,8	— 1,7	35,8
24	719,02	— 5,63	— 0,98	— 6,11	— 2,9	+ 2,6	3,50	—1,15	816	+112	710	970	.	..	NNE. 2	0,67	4,8	— 1,7	35,7
25	723,82	— 0,79	+ 0,28	— 5,31	— 3,1	+ 5,2	3,19	—1,49	730	— 2	420	930	...	.	variable	0,59	5,0	— 1,6	35,0
26	719,51	— 5,06	+ 2,37	— 3,35	— 1,6	+ 5,1	3,19	—1,52	605	—125	400	810	2,0	4	SO. 3	1,00	...	...	34,3
27	719,88	— 4,65	+ 1,47	— 4,38	— 1,0	+ 4,4	3,32	—1,42	677	— 52	470	790	. .	..	variable	0,77	5,0	— 1,7	34,2
28	723,60	— 0,90	— 1,20	— 7,18	— 2,8	+ 0,6	3,32	—1,45	819	+ 92	600	880	..	..	NNE. 2	0,61	4,7	— 2,1	34,0
29	724,60	+ 0,13	— 2,79	— 8,90	— 4,7	— 0,5	2,92	—1,88	796	+ 70	660	900	...	.	NNE. 2	0,26	3,9	— 3,0	34,0
30	725,99	+ 1,55	— 2,57	— 8,82	— 8,4	+ 1,3	3,11	—1,72	809	+ 84	650	1000	.	.	NNE. 1	0,69	4,3	— 2,6	33,5
31	729,67	+ 5,26	— 0,51	— 6,92	— 4,5	+ 3,6	3,82	—1,05	868	+144	590	970	1,1	8	variable	0,97	4,7	— 2,3	33,0

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1865.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	722,00	722,26	722,30	722,17	721,78	721,76	722,12	722,34	722,39
2e »	720,14	720,31	720,31	720,20	719,83	719,82	720,20	720,57	720,76
3e »	721,61	722,01	722,23	722,11	721,79	721,75	722,09	722,50	722,49
Moi	721,26	721,54	721,63	721,51	721,16	721,13	721,49	721,83	721,90
Température.									
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade	+ 1,10	+ 1,55	+ 3,42	+ 5,04	+ 5,20	+ 4,65	+ 3,25	+ 2,56	+ 2,05
2e »	— 0,18	+ 0,49	+ 1,58	+ 2,46	+ 3,31	+ 3,46	+ 2,70	+ 1,83	+ 0,92
3e »	— 2,77	— 1,23	+ 0,34	+ 1,47	+ 1,66	+ 1,04	+ 0,22	— 0,69	— 1,24
Mois	— 0,69	+ 0,22	+ 1,73	+ 2,94	+ 3,33	+ 2,99	+ 2,00	+ 1,17	+ 0,52
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	4,33	4,41	4,20	3,85	3,71	3,79	4,18	4,22	4,31
2e »	3,82	3,83	3,89	3,47	3,49	3,69	3,84	3,85	3,90
3e »	3,28	3,38	3,14	3,27	3,47	3,70	3,66	3,67	3,56
Mois	3,79	3,86	3,72	3,52	3,55	3,73	3,89	3,91	3,91
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade,	873	859	717	588	573	599	724	765	809
2e »	848	812	767	654	610	639	703	741	802
3e »	886	803	676	651	685	755	781	840	845
Mois	870	824	719	632	625	667	737	784	819

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moyenne du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	o	o		o	mm	p.
1re décade,	— 0,03	+ 6,22	0,80	4,79	21,3	39,70
2e »	— 1,33	+ 4,96	0,76	4,96	3,5	38,45
3e »	— 3,54	+ 2,64	0,72	4,71	3,7	34,75
Mois	— 1,69	+ 4,54	0,76	4.81	28,5	37,54

Dans ce mois, l'air a été calme 0 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,02 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 0°,2 E. et son intensité est égale à 50 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE MARS 1865.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 4, à midi..........	563,86	Le 1, à 2 h. soir....	555,83
10, à 8 h. soir.....	555,61	8, à 10 h. matin..	546,01
12, à 10 h. soir	555,48	11, à midi.........	548,59
15, à 8 h. soir	557,15	14, à 8 h. matin..	551,36
18, à midi	558,41	16, à 2 h. soir...	554,56
21, à 10 h. soir	556,49	20, à 10 h. matin..	550,68
25, à 10 h. soir....	556,17	23, à 2 h. soir...	546,72
31, à 10 h. soir...	559,74	28, à 8 h. matin..	550,76

SAINT-BERNARD. — MARS 1865.

Jours du mois	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Ecart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température, C. Moyenne des 24 heures.	Température, C. Ecart avec la température normale.	Température, C. Minimum.[1]	Température, C. Maximum.[1]	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	mm	mm			
1	556,11	— 3,66	555,83	556,35	— 9,29	— 0,83	—11,0	— 5,9	80	6,3	12	NE. 1	1,00
2	558,96	— 0,81	557,97	559,47	— 8,14	+ 0,25	—10,8	— 5,9	40	3,4	8	NE. 1	0,98
3	561,13	+ 1,36	558,78	562,75	—12,99	— 4,67	—15,2	—10,0	......	......	......	NE. 3	1,00
4	562,82	+ 3,06	561,65	563,86	—13,61	— 5,35	—15,5	— 7,2	......	......	......	NE. 1	0,44
5	557,24	— 2,52	555,25	559,55	— 8,58	— 0,38	—12,0	— 4,7	......	......	......	SO. 1	0,76
6	551,50	— 8,26	550,79	552,58	—11,77	— 3,64	—13,0	— 9,9	......	......	......	SO. 1	0,82
7	549,55	—10,21	548,30	550,56	—11,52	— 3,46	—12,5	— 8,0	60	7,9	10	NE. 1	1,00
8	547,05	—12,71	546,01	548,36	—12,79	— 4,80	—14,1	— 8,8	20	1,0	4	NE. 1	1,00
9	551,32	— 8,45	549,70	552,81	—11,32	— 6,40	—15,2	—12,0	......	......	......	NE. 1	0,86
10	554,22	— 5,55	552,77	555,61	—14,22	— 6,37	—16,1	—11,9	......	......	......	NE. 1	0,41
11	549,63	—10,14	548,59	552,29	—11,24	— 3,17	—13,3	— 8,2	50	1,2	10	variable	0,98
12	553,93	— 5,85	551,55	555,48	— 9,08	— 1,39	—10,5	— 5,1	30	3,3	4	NE. 1	0,32
13	553,89	— 5,90	553,26	554,85	— 8,69	— 1,02	—12,7	— 5,1	......	......	......	variable	0,25
14	552,21	— 7,56	551,36	553,63	—10,58	— 3,55	—11,2	— 9,0	20	0,5	3	SO. 1	1,00
15	556,22	— 3,59	554,70	557,15	—10,97	— 3,52	—14,1	— 8,0	......	......	......	SO. 1	0,96
16	554,98	— 4,81	554,56	555,75	—12,34	— 4,98	—14,8	— 8,2	......	......	......	NE. 1	0,89
17	555,67	— 4,16	554,67	556,71	—11,20	— 3,93	—15,0	— 6,6	......	......	......	NE. 1	0,10
18	557,90	— 1,95	557,05	558,41	— 9,21	— 2,03	—12,5	— 4,9	......	......	......	SO. 1	0,01
19	555,18	— 4,68	553,97	555,93	— 9,23	— 2,14	—11,0	— 7,1	......	......	......	SO. 1	0,98
20	551,32	— 8,56	550,68	552,79	— 9,14	— 2,14	—10,2	— 6,0	80	7,7	5	SO. 1	0,99
21	555,99	— 3,91	554,54	556,49	— 8,61	— 1,70	—11,5	— 4,6	......	......	......	SO. 1	0,08
22	552,04	— 7,88	550,63	553,51	— 8,89	— 2,08	—11,0	— 4,9	10	1,1	2	variable	1,00
23	547,10	—12,85	546,72	547,55	—17,58	—10,87	—19,1	—15,1	20	2,1	1	NE. 2	1,00
24	549,68	—10,29	547,37	551,80	—17,62	—11,01	—20,0	—15,1	......	......	......	NE. 2	0,76
25	554,18	— 5,82	550,88	556,17	—16,21	— 9,70	—19,3	—12,8	......	......	......	NE. 1	0,52
26	554,06	— 5,97	553,38	554,83	—14,11	— 8,00	—17,3	—12,7	5	0,9	9	SO. 1	0,89
27	551,79	— 8,27	551,23	552,05	—13,25	— 6,94	—15,5	— 9,9	60	6,8	6	NE. 2	0,99
28	551,61	— 8,48	550,76	552,22	—17,20	—11,00	—20,0	—14,3	......	......	......	NE. 3	0,94
29	552,16	— 7,96	551,17	553,35	—20,28	—14,19	—21,7	—17,6	......	......	......	NE. 3	0,41
30	555,10	— 5,05	553,35	557,23	—17,91	—11,93	—19,3	—15,4	10	1,0	2	NE. 2	0,63
31	558,98	— 1,21	557,94	559,74	—13,48	— 7,61	—15,8	— 9,4	......	......	......	NE. 2	0,91

[1] Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées de 6 h. du matin à 10 h. du soir, les thermométrographes étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE MARS 1865.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s	8 h. s.	10 h.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade,	554,62	554,56	554,82	555,05	554,98	555,10	555,21	555,21	555,29
2e »	553,94	553,79	553,89	554,09	553,89	554,03	554,23	554,46	554,49
3e »	552,23	552,15	552,81	552,99	552,94	553,03	553,24	553,63	553,68
Mois	553,55	553,46	553,81	554,01	553,90	554,02	554,20	554,41	554,46
Température									
	o	o	o	o	o	o	o	o	o
1re décade,	—12,20	—11,83	—10,94	— 9,61	— 9,05	—10,69	—12,22	—12,56	—12,71
2e »	—12,20	—10,90	— 8,96	— 8,10	— 7,13	— 8,04	—10,32	—10,94	—11,23
3e »	—16,53	—15,05	—13,64	—12,77	—12,27	—13,55	—15,29	—16,17	—16,40
Mois	—13,74	—12,67	—11,26	—10,25	— 9,57	—10,85	—12,70	—13,32	—13,54

	Min. observé.[1]	Max. observé.[1]	Clarté moy. du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	o	o		mm	mm
1re décade,	—13,54	— 8,43	0,83	18,6	200
2e »	—12,53	— 6,88	0,65	15,7	180
3e »	—17,32	—11,98	0,74	11,9	105
Mois	—14,55	— 9,19	0,74	46,2	485

Dans ce mois, l'air a été calme 3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,88 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45°E., et son intensité est égale à 63 sur 100.

[1] Voir la note du tableau.

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES.



TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXII (NOUVELLE PÉRIODE)

1865. — Nos 85 à 88.

Page

Sur la densité anomale de la vapeur du sel ammoniac, par M. *C. Marignac*.............. ... 5
Sur une nouvelle phase de la théorie cellulaire et sur le rôle que joue le protoplasma, par M. *J.-B. Schnetzler*... 15
Matériaux pour servir à l'histoire des métaux de la cérite et de la gadolinite, par M. *Marc Delafontaine*................................ 30
Sur les radiations obscures et lumineuses, par M. *John Tyndall*................... 41
Précis d'une histoire du terrain houiller des Alpes, par M. *Alphonse Favre*...................... 81
Sur l'évaporation à travers les membranes poreuses, en particulier de la cellule végétale, par M. *W. Schuhmacher*........................ 91
Quelques considérations sur les courants électriques terrestres, par M. *A. de la Rive*... 99

Page

Sur certaines propriétés physiques du tissu musculaire, par M. *William Marcet* 119

Observations géologiques et paléontologiques sur quelques parties des Alpes de la Savoie et du canton de Schwytz, par MM. *Adolphe D'Espine* et *Ernest Favre* 185

Exposé du second principe de la théorie mécanique de la chaleur, par M. *Arthur Achard* ... 214

Sur l'origine des lacs alpins et des vallées. Lettre adressée à Sir Roderick I. Murchison, par M. *Alphonse Favre* 273

Notice sur les observations météorologiques actuelles en Suisse, par M. *Alfred Gautier* 289

Nouvelle méthode pour la mesure de la conductibilité pour la chaleur, par M. *A.-J. Angstrœm* 321

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

R.-C. Carrington. Observation des taches du soleil, faites à Redhill de 1853 à 1861 62

PHYSIQUE.

J. Janssen. Des raies telluriques du spectre solaire. 69

J.-C. Poggendorff. Sur une nouvelle classe de phénomènes d'induction 71

Prof. *G. Hinrichs*. Sur la distribution des raies obscures dans le spectre des éléments 75

J. Tyndall. Sur les rayons invisibles de la lumière électrique. Sur la calorescence..................... 153

Page

F. Lindig. Sur la variation des forces électromotrices avec la température 136

R. Clausius. Mémoires sur la théorie mécanique de la chaleur........ 138

A. Krœnig. Procédé simple pour déterminer le lieu d'une image optique........ 242

R. Bunsen. Éléments thermo-électriques d'une grande énergie........ 243

H. Buff. Sur les sons produits par le courant électrique.. 245

P. Volpicelli. Sur l'influence électrique. Nouveaux faits sur la polarité électrostatique........ 248

Le même. Sur l'influence électrique........ 251

H. Wild. Recherches sur l'identité de l'éther lumineux et du fluide électrique 335

Perrot. Sur le pouvoir des pointes........ 338

Deleuil. Machine pneumatique construite sur un nouveau principe 341

R. Félici. Relation de quelques expériences électriques .. 342

CHIMIE.

E. Maumené. Théorie générale de l'exercice de l'affinité.. 76

F. Reich et *Th. Richter*. Sur l'indium 79

Prof. *Graham*. Sur les propriétés de l'acide silicique et d'autres substances colloïdes analogues........ 140

F.-G. Stridsberg. Sur quelques combinaisons renfermant du sesquicyanure chromique 151

A. Mitscherlich. Des spectres des corps simples et des corps composés........ 154

Nægeli. Réaction de l'iode sur la fécule et les membranes des cellules........ 254

Sainte-Claire Deville. De la constitution du sel ammoniac et des densités de vapeur 258

Pisani. Séparation de l'acide titanique et de la zircone .. 343

Page

H. Sainte-Claire Deville. Dissociation de l'oxyde de carbone, des acides chlorhydrique, sulfureux et carbonique ; décomposition de l'ammoniaque 345
Dr *Schwarzenbach.* Sur les relations de l'albumine avec la caséine 346

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Fritz Müller. Pour Darwin 154
Dr *Oscar Schmidt.* Supplément aux éponges de l'Adriatique . 163
Prof. *A. Kœlliker.* Atlas d'histiologie comparée 167
A.-J. Malmgren. Sur la dentition du morse et son changement de dents à l'état fœtal 169
Prof. *Owen.* Sur l'Archæopteryx de M. H. von Meyer . . 172
Nouveaux documents relatifs à l'antiquité de l'homme . . . 260
A. de Quatrefages. Note sur la classification des Annélides. 346
Dr *W.-H. Marcet* Examen chimique du liquide contenu dans la cavité périviscérale des vers nématodes 356

BOTANIQUE.

L. Rabenhorst. Flora europæa 174

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES
faites à Genève et au Grand St-Bernard.

Observations faites pendant le mois de décembre 1864 . . . 81
Idem. pendant le mois de janvier 1865 177
Idem. pendant le mois de février 265
Idem. pendant le mois de mars 357

